

Jenna Koski

Lisäaineistetun betonin esikäsittelyn vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka

Insinöörityö

21.5.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jenna Koski Lisäaineistetun betonin esikäsittelyn vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen 41 sivua + 1 liite 21.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Ohjaaja	Lehtori Arto Yli-Pentti
<p>Insinööriyön aiheena oli vesitiivistetyn betonin esikäsittelyn vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen. Entuudestaan tiedettiin, että vesitiiveyttä parantavat lisäaineet betonissa heikentävät maalin kiinnipysyvyyttä. Tavoitteena oli löytää sellainen esikäsittelymenetelmä, jonka avulla tarttuvuutta saataisiin parannettua.</p> <p>Lisäaineina käytettiin Xypex Admix C-1000 NF:ää, Xypex Concentratea, Penetron Standardia ja Penetron Admixia. Esikäsittelymenetelmiksi valittiin suolahappopeite ja hiekkapuhallus ja pinnoitteiksi otettiin Keim Universalputz -erikoislaasti, TT tiilitasoite, Sulin silikaattimaali ja Luja erikoisakrylaattimaali eli kaksi tasoitetta ja kaksi maalia. Tehtiin kaikenkaikkiaan 40 koekappaletta niin, että jokaisen lisäaineen, esikäsittelymenetelmän ja pinnoitteen yhdistelmästä muodostui koekappale ja lisäksi tehtiin referenssikappaleita ilman lisäaineita.</p> <p>Pinnoitteiden kiinnipysyvyyttä testattiin vetonuppikokeella ja testillä, jossa betonikappaleen pintakäsittelemätön puoli pidettiin kosketuksissa veteen 28 päivän ajan. Molemmissa testeissä tasoitettujen kappaleiden tulokset olivat keskenään hyvin samanlaisia, eli eroja esikäsittelymenetelmien välillä ei ollut. Tasoitteet pysyivät hyvin kiinni alustassa.</p> <p>Maalattujen kappaleiden vetonuppikoetuloksissa oli vähäistä hajontaa. Kummankaan maalin kohdalla tuloksissa ei kuitenkaan havaittu kahden esikäsittelymenetelmän välillä mitään selkeää eroa. Myös veden vaikutus -testissä molemmat esikäsittelymenetelmät toimivat yhtä hyvin. Tässä testissä huomattiin, että Penetron Standard -lisäaine ei toiminut vedentiivistävästi, koska kaikki kyseisellä lisäaineella käsitellyt koekappaleet reagoivat huomattavasti muita koekappaleita nopeammin ja voimakkaammin veden kosketukseen.</p> <p>Tuloksista voitiin todeta, että pinnoitteet pysyivät yhtä hyvin kiinni lisäaineistetuissa kuin lisäaineistamattomissa koekappaleissa. Molemmat esikäsittelymenetelmät siis toimivat lisäaineistetulle betonille.</p>	
Avainsanat	betoni, lisäaine, vedentiivistysaine, esikäsittely, pinnoitus

Author Title Number of Pages Date	Jenna Koski Effect of pretreatment on the adhesion of coating on sealed concrete 41 pages + 1 appendice 21 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Instructor(s)	Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer
<p>The subject of this thesis was to examine how pretreatments affect on coating adhesion when used on a sealed concrete. It was already known that sealers that improve water resistance deteriorate the coating adhesion. The goal was to find a pretreatment method that would improve the adhesion.</p> <p>The sealers that were used were Xypex Admix C-1000 NF, Xypex Concentrate, Penetron Standard and Penetron Admix. Hydrochloric acid pickling and sandblasting were chosen for pretreatment methods and Keim Universalputz special mortar, TT brick filler, Sulin silicate paint and Luja special acrylate paint were chosen for coatings. Altogether 40 test samples were made so that there was a sample of every combination of sealer, pretreatment method and coating method. Also reference samples were made with no sealers and coated with the same methods.</p> <p>The coating adhesion was tested with pull-off test and by keeping the test samples in contact with water for 28 days. In both tests, the results of the screeded samples were very similar to each other, so there was no difference between the pretreatment methods. The adhesion between fillers and concrete was good.</p> <p>The pull-off test results for painted test samples fluctuated slightly. However, no difference between the pretreatment methods was found. In the water contact test, both pretreatment methods worked also equally well. During this test, it was discovered that Penetron Standard sealer did not make the concrete waterproof, because all the test samples treated with it reacted much faster and more aggressively to the water contact than the other test samples.</p> <p>On the basis of the results it can be stated that the coating adhesion was equal with sealed and not sealed test samples. It means that both pretreatment methods work well with sealed concrete.</p>	
Keywords	concrete, additive, sealer, pretreatment, coating

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Betoni alustamateriaalina	2
2.1	Koostumus	2
2.2	Ominaisuudet	3
2.3	Ympäristön aiheuttamat rasitukset	3
2.4	Pinnoitettavuus	4
3	Lisäaineiden käyttö betonissa	4
3.1	Tiivistysaineet	5
3.2	Xypex	6
3.2.1	Xypex Admix C-1000 NF	7
3.2.2	Xypex Concentrate	8
3.3	Penetron	8
3.3.1	Penetron Admix	8
3.3.2	Penetron Standard	9
4	Betonin esikäsittelyt	10
4.1	Hiekkapuhallus	11
4.2	Hionta	11
4.3	Sinkopuhdistus	11
4.4	Happopeittaus	12
5	Pintakäsittelyt	12
5.1	Tasoiuslaastit	12
5.2	Maalit ja pinnoitteet	13
5.2.1	Orgaaniset pinnoitteet	13
5.2.2	Epäorgaaniset pinnoitteet	14
6	Koekappaleiden valmistus	16
6.1	Lisäaineistus	18
6.2	Esikäsittely	18
6.3	Tasoius	19
6.4	Maalaus	19

7	Testausmenetelmät	20
7.1	Vetonuppikoe	20
7.2	Hilaristikkokoe	21
7.3	Veden vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen	21
8	Tulokset	22
8.1	Vetonuppikoe	22
8.1.1	Tasoitettut kappaleet	23
8.1.2	Maalatut kappaleet	24
8.2	Veden vaikutus tasoitteiden kiinnipysyvyyteen	29
8.3	Veden vaikutus Sulin silikaattimaalin kiinnipysyvyyteen	31
8.4	Veden vaikutus Luja erikoisakrylaattimaalin kiinnipysyvyyteen	36
8.5	Koevirhe	39
9	Yhteenveto	40
	Lähteet	42

1 Johdanto

Tämä insinööritoimisto Sulin Oy:n tilauksesta ja se on jatkoa yrityksen aiemmin teettämälle insinööritoimistolle ”Lisäaineistuksen vaikutus betoniin ja sen pinnoitettavuuteen”, jonka Jonimatti Åhman teki Metropolia Ammattikorkeakoulussa 15.05.2012. Jonimatti Åhman esitti insinööritoimistossaan, että lisäaineen lisäys betoniin heikentää maalin kiinnipysyvyyttä sen pinnassa. Insinööritoimisto Sulin Oy:ssä tiedetään kokemuksesta, että betonin esikäsitteily auttaa ongelmaan, mutta varsinaista tutkimusta eri esikäsitteilyiden vaikutuksista ei ole tehty. Tässä insinööritoimistossa tavoitteena on löytää pinnoitteen kiinnipysyvyyttä parantava esikäsitteilymenetelmä vesitiivistetyille betonille.

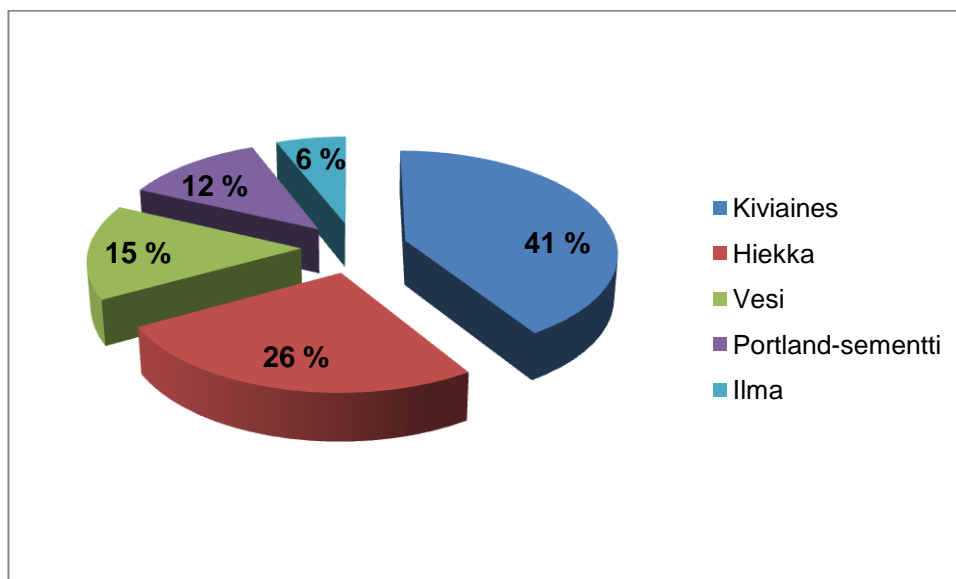
Lisäaineina käytetään Xypex Admix C-1000 NF:ää ja Penetron Admixia, kuten Jonimatti Åhmankin insinööritoimistossaan, mutta lisäksi Insinööritoimisto Sulin Oy halusi mukaan Xypex Concentraten ja Penetron Standardin, jotka myös ovat betonin vesitiiveyttä parantavia aineita. Tutkimuksia varten valmistetaan betonista koekappaleita, joihin lisätään käytettäviä lisäaineita ja lisäksi valmistetaan referenssikappaleita ilman lisäaineita. Koekappaleet esikäsitellään valituilla menetelmillä, minkä jälkeen ne maalataan tai tasoitetaan. Kunkin lisäaineen, esikäsitteilyn ja pinnoitteen yhdistelmästä tehdään yksi koekappale. Pinnoitteiden kiinnipysyvyyttä testataan vetonuppi- ja hilaristikkokokeella. Lisäksi tutkitaan, miten betonikappaleen pohjan oleminen kosketuksissa veden kanssa vaikuttaa kappaleen pintaan ja pinnoitteeseen.

2 Betoni alustamateriaalina

Betoni on yksi suosituimmista rakennusmateriaaleista hyvien ominaisuuksiensa ja edullisuutensa vuoksi. Siitä saadaan suuria, turvallisia ja kestäviä rakenteita. Nykyään lähes kaikissa rakennuksissa käytetään ainakin jossain osassa betonia. Rakennusten lisäksi betonia käytetään muun muassa silloissa, putkissa, kalliotunneleiden lujittamisessa, pihakivissä, padoissa sekä teissä. [1; 2]

2.1 Koostumus

Betoni koostuu runkoaineesta, sementistä ja vedestä, sekä haluttaessa seos- ja lisäaineista, joilla voidaan muokata betonin ominaisuuksia. Runkoaineena käytetään rakeista kiveä, jonka raekokoa muuttamalla voidaan vaikuttaa betonin ominaisuuksiin. Sementti toimii sideaineena, joka reagoi kemiallisesti veden kanssa aiheuttaen kovettumisen. Alussa tapahtuu nopea kovettuminen, jonka jälkeen kemiallinen reaktio jatkuu hitaana kunnes kaikki ainesosat ovat sitoutuneet täydellisesti. Kuvassa 1 näkyy betonin perusraaka-aineiden tyypillinen jakautuminen. Lisäksi betonissa voidaan käyttää seos- ja lisäaineita. Seosaineina käytetään erilaisia mineraalisia aineita, joilla voidaan vaikuttaa työstedävytyteen, koossapysyvyyteen ja lujuuteen. Betonin lisäaineistuksella pyritään parantamaan teknisiä ominaisuuksia ja taloudellisuutta. Lisäaineista kerrotaan tarkemmin kappaleessa kolme. [3; 4, s. 31, 39]



Kuva 1. Betonin raaka-aineiden jakauma. [5]

2.2 Ominaisuudet

Tärkein betonin ominaisuus on hyvä puristuslujuus. Puristuslujuuden luokitus perustuu kuutiolujuuteen, joka testataan puristamalla rikki 150 mm:n koekuutio. Lujuutensa perusteella betoni jaetaan puristuslujuusluokkiin K30...K100, joissa numeroarvo tarkoittaa puristuslujuutta, eli esimerkiksi K30-luokan betonin puristuslujuus on 30 MPa. Betoniteollisuudessa käytetään yleensä lujuusluokkia K30...K60, kun taas luokat K70...K100 ovat korkealujuusbetonia. Vetolujuus betonilla sen sijaan on heikko, vain noin 1/10 puristuslujuudesta, mutta sitä voidaan parantaa betonin raudoituksella, joka ottaa vetojännitykset. [3; 4, s. 79; 6]

Toinen tärkeä ominaisuus on kestävyys erilaisia rasituksia vastaan. Betoni kestää hyvin kosteutta, minkä vuoksi sitä käytetään kohteissa, joissa tarvitaan kosteudenkestävää materiaalia. Se laajenee kostuessaan ja kutistuu kuivuessaan, mutta yleensä nämä tapahtumat ovat palautuvia ja betoni säilyttää muotonsa. Myös pakkasenkestävyys on hyvä. Betonissa on kapillaari- ja suojahuokosia, joista kapillaarihuokokset täyttyvät vedellä betonin kastuessa ja suojahuokokset jäävät ilmatäytteisiksi. Kun vesi jäätyy kapillaarihuokosissa, sen aiheuttama paine voi purkautua suojahuokosiin, eikä näin ollen vaurioita betonia. [1; 4, s. 90, 104]

Betoni on turvallinen materiaali lujutensa lisäksi myös palonkestävyytensä ja massiivisuutensa vuoksi. Betonilla on suuri lämpökapasiteetti, jonka vuoksi sitä käytetään yleisesti rakenteiden palotekniseen suojaukseen. Betoni ei myöskään aiheuta haittaa terveydelle, minkä vuoksi sitä voidaan käyttää ihmistä lähellä olevissa rakenteissa, kuten saunan lattioissa, uima-altaissa, kaivon renkaissa ja vesisäiliöissä. [1; 4, s. 90, 104, 109]

2.3 Ympäristön aiheuttamat rasitukset

Erilaiset rasitustekijät aiheuttavat betonissa fysikaalista, kemiallista tai biologista turmeltumista, joka lyhentää rakenteen käyttöikää. Betonin ominaisuudet, kuten ljuuus, saattavat muuttua turmeltumisen seurauksena. Säärasitukset ovat etenkin Suomessa yksi eniten vaurioita aiheuttavista tekijöistä, kun on kovia pakkasia talvella ja sataa ja tuulee paljon. Muita rasituksia ovat ilman epäpuhtaudet ja hiilidioksidi sekä mekaaniset rasitukset. [7, s. 48]

2.4 Pinnoitettavuus

Betoni soveltuu karkeutensa ja huokoisuutensa vuoksi erittäin hyvin maalausalustaksi. Betonin pinnoituksella saadaan aikaan arkkitehtuurisesti halutun näköinen pinta (Kuva 2), joka myös suojaa betonia haitallisilta vaikutuksilta, kuten raudoituksen ruostumiselta. Pinnoitettu betonipinta on myös helpompi pitää puhtaana kuin pinnoittamaton. Lisäämällä tiettyjä ainesosia pinnoitteeseen, voidaan tuottaa erilaisia lisäominaisuuksia, kuten staattisen sähkön vähememinen tai parempi lämmönkestävyys. [8, s. 175–176]



Kuva 2. Maalattuja betonipintoja. [9]

Betoni on emäksinen materiaali, minkä vuoksi käytettävän pinnoitteen tulee olla kemiallisesti yhteensopiva alustamateriaalinsa kanssa. Pinnoitteella on myös oltava oikeanlaiset fysikaaliset, kemialliset ja lämpöominaisuudet tulevaa käyttötarkoitusta varten. Tämä tarkoittaa sitä, että pinnoitetta valittaessa tulee olla tiedossa minkälaiselle fyysiselle rasitukselle se tulee joutumaan ja minkälaisia kemikaaleja tai lämpörasitusta sen täytyy kestää. Pinnoite täytyy valita niin, että se ei aiheuta lisärasitusta alustalle. Sen tulisi olla vesihöyrynläpäisevä, mutta hiilidioksidi, vesi ja suolat eivät saisi päästä tunkeutumaan pinnoitteen alle. Lisäksi sen täytyy kestää ilmastorasituksia sekä olla tarpeeksi elastista, jotta se kestää rikkoutumatta alustan lämpö- ja kosteusmuodonmuutoksia ja halkeilua. [7, s. 48, 81; 8, s. 176–177, 179, 181]

3 Lisäaineiden käyttö betonissa

Betonissa voidaan käyttää lisäaineita, jotka vaikuttavat betonin tekniisiin ominaisuuksiin. Lisäaineiden määrät betonissa ovat pieniä verrattuna muiden raaka-

aineiden määriin. Niiden käyttö vaatii esikokeita ja huolellisuutta ja on hyvä muistaa, että niillä on yleensä päävaikutuksensa lisäksi myös sivuvaikutuksia.

Yleisimpiä lisäaineita ovat notkistimet, huokostimet ja hidastimet. Notkistavat lisäaineet ovat veden ja sementin välillä toimivia pinta-aktiivisia aineita, joilla saadaan parannettua muun muassa pumpattavuutta ja koossapysyvyyttä. Huokostimilla saadaan aikaan pieniä ilmakuplia tasaisesti betoniin, jolloin betonin pakkasenkestävyys paranee. Huokostimet myös parantavat betonimassan muokkautuvuutta ja lisäävät sen koossapysyvyyttä, mutta huonontavat kovettuneen betonin lujuutta. Hidastimilla saadaan siirrettyä sitoutumista myöhemmäksi, mikä mahdollistaa betonin kuljettamisen pitkiäkin matkoja sekä työsaumojen välttämisen tarvittaessa. Muita käytettyjä lisäaineita ovat muun muassa kiihdyttimet, pakkaslisäaineet ja tiivistysaineet. Tässä työssä käytetään vesitiiveyttä parantavia lisäaineita. [4, s. 63–67; 10]

3.1 Tiivistysaineet

Tiivistysaine on joko kovettuneen betonin pinnalle levitettävä tai betonin sekoitusvaiheessa mukaan lisättävä aine, jolla voidaan estää tai vähentää nesteiden, kuten veden, tunkeutumista betoniin. Niitä on helppo käyttää, eivätkä ne aiheuta suuria kustannuksia. Tiivistysaineilla voidaan muun muassa saada aikaiseksi helpommin puhtaana pysyvä sekä hometta ja sieniä vastustava pinta, mutta pääasiassa niiden tarkoitus on estää veden tunkeutuminen rakenteeseen. Prosessin haasteena on saada vesitiivis, mutta hengittävä materiaali. Kuitenkin esimerkiksi silaani- tai siloksaanipohjaisilla tuotteilla pystytään säilyttämään yli 90 % alustan luontaisesta höyrynsiirtokyvystä.

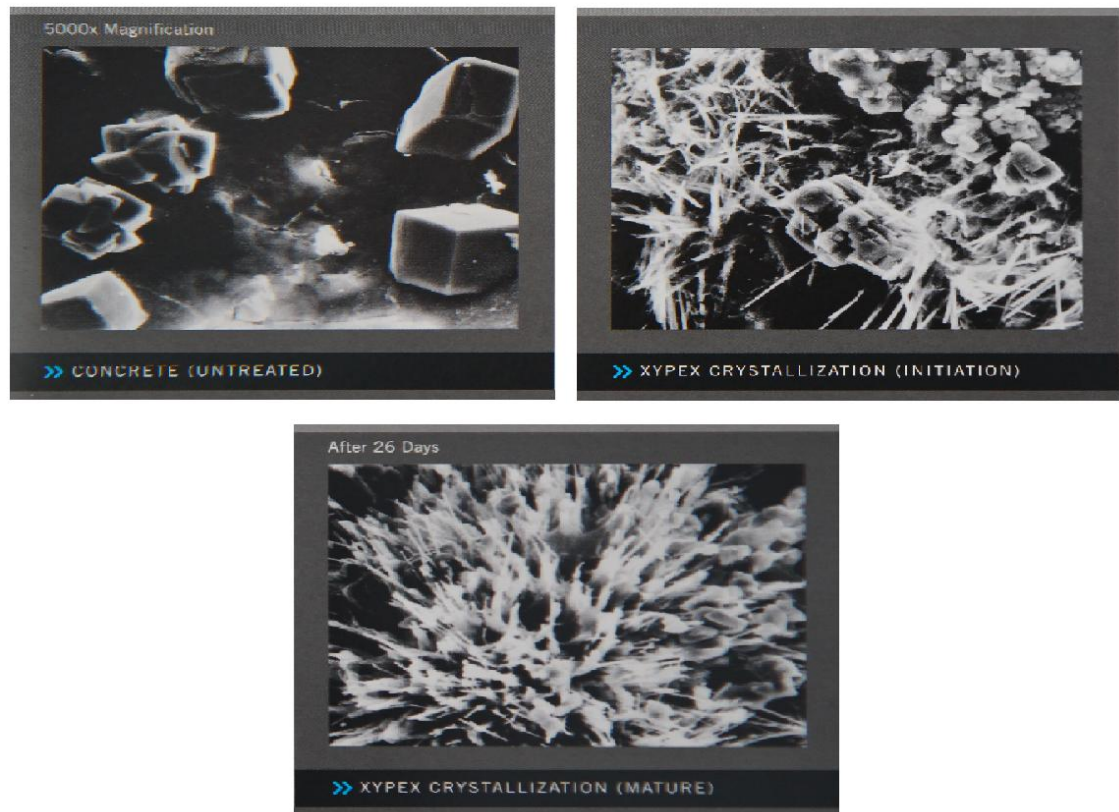
Kloridit, hapot ja muut haitalliset aineet tunkeutuvat veden mukana betonin huokosiin aiheuttaen sen huonontumista. Tiivistysaineilla saadaan vähennettyä rakenteen sisään pääsevää kosteutta, mikä taas vähentää sen mukana tulevia haitallisia aineita. Tämä on erityisen tärkeä ominaisuus, kun suojataan raudoitettua betonia. Tiivistysaineet eivät kuitenkaan toimi betonissa, jossa raudoituksen korroosio on jo alkanut, silloin niillä pystytään ainoastaan hidastamaan sen etenemistä.

Kaikkien tiivistysaineiden käytössä on omat edut ja rajoitukset. Tärkeitä huomioonotettavia asioita pinnalle levitettävän tiivistysaineen valinnassa ovat muun

muassa betonin läpäisevyys, ikä ja sisäinen kosteuspitoisuus. Yleisesti betonin olisi hyvä kuivua vähintään 28 päivää ennen tiivistysaineen levittämistä. Tämän jälkeen betonin läpäisevyys heikkenee niin kauan kuin sementti jatkaa kemiallista reaktiotaan veden kanssa. Läpäisevyys alkaa parantua vasta betonin huononemisen alettua, kun siihen muodostuu mikrohalkeamia, jotka tarjoavat yhteyden aukkojen välille. Myös betonin sisäinen kosteuspitoisuus vaikuttaa tiivistysaineiden kykyyn tunkeutua alustaan. Monet tiivistysaineet sisältävät orgaanisia liuottimia tai alkoholeja, jotka eivät pysty syrjäyttämään huokosissa olevaa vettä. Yleisesti tiivistysaineiden läpäisevyys ja kyky suojata alustaa ovat huomattavasti paremmat levitettäessä kuivalle betonille, mutta esimerkiksi tässä työssä käytetyt pintaan levitettävät tuotteet Xypex Concentrate ja Penetron Standard tulee ehdottomasti levittää kostealle alustalle. Näistä lisää seuraavissa kappaleissa. [8, s. 149, 151–157]

3.2 Xypex

Xypex-tuotteet ovat portlandsementtiä, piipitoisia yhdisteitä ja useita aktiivisia kemikaaleja sisältäviä epäorgaanisia tiivistysaineita, jotka tekevät betonista vesitiiviin. Niiden aktiiviset kemikaalit käyttävät vettä katalyyttinä päästäkseen betonin kapillaarihuokosiin, mistä seuraa kemiallinen reaktio Xypexin, kosteuden ja sementtikostutuksen sivutuotteiden välillä. Reaktiossa Xypex muodostaa betonin kapillaarihuokosiin pysyvän ja liukenemattoman kiteisen rakenteen, kuten Kuvassa 3 näkyy. Kiderakenne tekee betonista vesitiiviin sisältäpäin estäen veden ja muiden aggressiivisten nesteiden tunkeutumisen betoniin mistään suunnasta. Lisäksi se vastustaa hydrostaattista painetta, ankaria sääolosuhteita, merivettä, klorideja, sekä maaperän ja liikenteen saasteita. [11; 12, s. 1.3–1, 1.3–2, 1.4–1]



Kuva 3. Mikroskooppikuvaa Xypexin kiderakenteen muodostumisesta. Ylhäällä vasemmalla on käsittelemätön betoni, oikealla kiteytyminen käynnissä ja alhaalla valmis kiderakenne. [11, s. 1.3–1]

Xypex-tuotteita käytetään monenlaisissa eri kohteissa ympäri maailman, kuten tunneleissa, silloissa, meren läheisyydessä olevissa rakenteissa, padoissa, sähköntuotantolaitoksissa ja jätevedenkäsittelylaitoksissa. Niillä saadaan käyttökohteille parempaa toimivuutta, turvallisuutta ja pidempää käyttöikää. [12, s. 1.5–1, 1.5–2, 1.5–3]

3.2.1 Xypex Admix C-1000 NF

Xypex Admix C-1000 NF on betonin sekoitusvaiheessa mukaan lisättävä tiivistysaine. Se voidaan lisätä joko betoniasemalla sekoittimeen kuivasekoitusvaiheessa, betoniauton pyörivään rumpuun, tai kuivalaastiin, joka sekoitetaan esimerkiksi porakonevispilällä ennen veden lisäystä. Admix C-1000 NF:n sekoitussuhde on noin 1–1,5 % betonissa käytettävän sementin painosta. Betonin raaka-aineiden sekaan lisättävässä lisäaineessa on se hyvä puoli, että siitä tulee heti alusta asti kiinteä osa betonia. [11; 13]

3.2.2 Xypex Concentrate

Xypex Concentrate on betonin pinnalle levitettävä tiivistysaine. Sitä voidaan käyttää uusien ja vanhojen betonipintojen käsittelyyn. Vanhoista pinnoista on poistettava ensin vanha pinnoite sekä vaurioitunut ja hauras betoni, ja halkeamat tulee täyttää. Sekä uusista että vanhoista pinnoista on poistettava mahdollinen sementtiliimakerros. Betonin pinta tulee kastella ja sen on oltava mattakostea Xypex Concentratea levitettäessä. Concentrate voidaan levittää joko harjalla tai ruiskulla. Harjatyönä tehtäessä sekoitussuhde on viisi osaa Concentrate-jauhetta ja kaksi osaa puhdasta vettä, kun taas ruiskutyönä tehtäessä sekoitussuhde on viisi osaa Concentratea ja kolme osaa vettä. Laastimainen seos levitetään tasaisesti koko pinnalle niin, että se peittää betonin huokokset. Sen annetaan vaikuttaa vähintään kuukausi, jonka aikana se tunkeutuu betonin kapillaarihuokosiin. Tämän jälkeen pintakerros hiotaan kokonaan pois. [11; 13]

3.3 Penetron

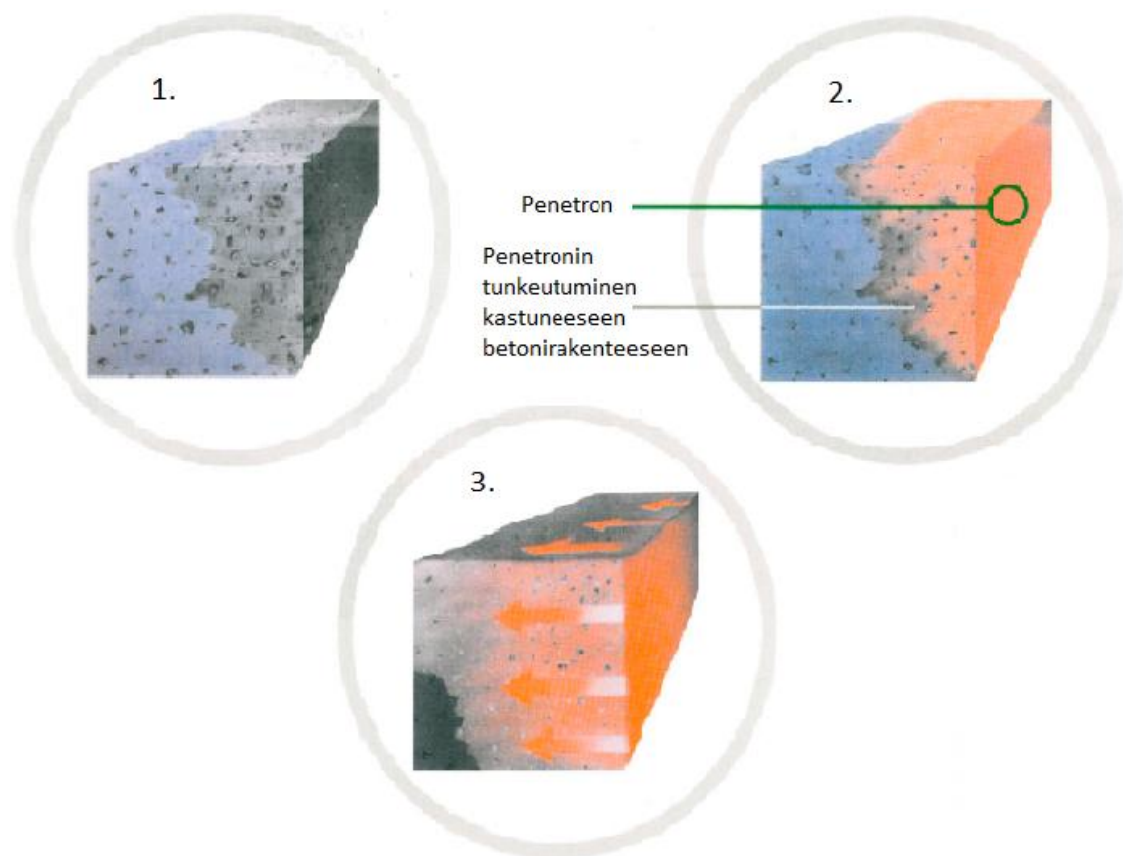
Penetron on Xypexin kaltainen vedeneristysjärjestelmä. Myös Penetron tunkeutuu veden kanssa reagoiden betonin huokosiin ja kapillaarikäytäviin ja muodostaa kiteisen rakenteen. Se estää kapillaarisen veden liikkeen, mutta päästää ilman läpi, minkä vuoksi vesihöyryn paine-eroja ei pääse syntymään. Penetronilla tiivistetyn betonin ominaisuudet ovat samat kuin Xypexillä. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat muun muassa juomavesisäiliöt, liikennettä kannattelevat rakenteet, rakennusten perustukset, kellarit, hissikuilut ja maanalaiset holvit. [14; 15]

3.3.1 Penetron Admix

Penetron Admix on Xypex Admix C-1000 NF:n lailla betoniin integroitava tiivistysaine, joka lisätään sekoitusvaiheessa raaka-aineiden sekaan. Myös Penetron Admix voidaan lisätä joko betoniasemalla, betoniautossa tai kuivalaastiin kohteessa. Penetron Admixin sekoitussuhde on 0,8–1 % betonissa käytettävän sementin painosta. [14; 15]

3.3.2 Penetron Standard

Penetron Standard, joka tunnetaan myös pelkällä Penetron nimellä, on Xypex Concentratea vastaava tuote. Se käy vanhalle ja uudelle betonipinnalle, joiden pitää olla samalla tavalla puhdistettu ja kostutettu kuin ennen Xypex Concentratenkin käyttöä. Harjatyönä tehtynä Penetron Standardin sekoitussuhde pystypinnoille on viisi osaa Penetronia ja kaksi osaa puhdasta vettä ja vaakapinnoille tulee kolme osaa Penetronia ja yksi osa vettä. Ruiskutyönä tehtäessä sekoitussuhde on pystypinnoille viisi osaa Penetronia ja 2,75–3,25 osaa vettä. Seos levitetään koko betonipinnalle ja annetaan kuivua kuukauden ajan, mikä on betonin normaali kuivumisaika. Kuvasta 4 näkyy, kuinka pinnalle levitettävä Penetron tunkeutuu betoniin. [14; 15]



Kuva 4. Penetronin tunkeutuminen betonin huokosiin. Vaihe 1: Tyypillinen kastunut betonirakenne. Vaihe 2: Betoni on pinnoitettu Penetronilla, jonka aktiiviset kemikaalit reagoivat veden kanssa muodostaen kiderakenteen betonin huokosiin ja halkeamiin. Vaihe 3: Kidemuodostunut betoni. [14]

4 Betonin esikäsitteilyt

Yleensä sekä uudet, että vanhat betonipinnat vaativat jonkinlaisen esikäsitteilyn ennen pinnoittamista. Esikäsitteilyllä on suuri vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen. Uudenkin betonin pinnassa on epäpuhtauksia, kuten sementtiliimaa, muottiöljyä ja suoloja, jotka tulee poistaa ennen pintakäsittelyä. Paikalla valetut betonirakenteet tehdään pääasiassa valamalla ne teräsmuottia tai raakalaudoitusta vasten (Kuva 5). Valupintaan muodostuu sementtiliimakerros ja teräsmuottia käytettäessä muottipintaan saattaa jäädä muottiöljyä. Sementtiliima voidaan poistaa esimerkiksi vesihiekkapesulla tai kevyellä suihkupuhdistuksella, muottiöljy suihkupuhdistuksella ja suolat teräsharjauksella tai korkeapainepesulla. [16, s. 29–31; 17]



Kuva 5. Raakalaudoitusta vasten valettu betoni. Päällä on valupinta ja sivulla laudoitusta vasten ollut pinta. [18]

Vanhaa pintaa uudelleen käsiteltäessä poistetaan epäpuhtauksien lisäksi myös vanha pinnoite. Se voidaan puhdistaa mekaanisesti esimerkiksi suihkupuhdistamalla tai vaihtoehtoisesti kemiallisilla menetelmillä, jos kyseessä on orgaaninen maali. Lisäksi vanhoista pinnoista on poistettava mahdollinen hauras ja halkeillut betoni ja paikattava nämä kohdat. Alustan puhdistusmenetelmää valittaessa tulee ottaa huomioon ympäristön aiheuttamat vaatimukset, korjattavan kohteen laajuus, sekä alustassa

esiintyvät vauriot. Tärkeimpiä esikäsitelymenetelmiä ovat muun muassa hiekkapuhallus, vesihiekkapuhallus, hionta, sinkopuhdistus ja happopeittaus 10 % suolahappoliuoksella. [16, s. 31; 19, s. 110; 20, s. 11]

4.1 Hiekkapuhallus

Hiekkapuhalluksella saadaan puhdistettua kovia pintoja kiinteään puhallusaineen ja paineilman avulla. Puhallusaine iskeytyy pintaan rikkoen sen, minkä jälkeen aine hioo pintaa ja poistaa rikkoutuneen materiaalin. Parhaan puhallustehon saa aikaan erikokoisella puhallusrakeella. Tyypillisimpiä puhallusaineita ovat luonnon hiekka, murskattu kvartsi, alumiinioksidi, mineraalikuona, lasihelmi ja teräshiekka. Kuivan hiekkapuhalluksen haittapuolena on pölyäminen, mutta sitä voidaan vähentää lisäämällä vettä puhaltteen joukkoon. Tällöin kyseessä on vesihiekkapuhallus. [21; 22]

4.2 Hionta

Hionta on kaikkein käytetyin menetelmä sementtiliiman poistoon. Se on jaettu kolmeen osaan, jotka ovat kevythionta, pintahionta ja syvähionta. Kevythionnassa poistetaan pienet epätasaisuudet ja sementtiliimakerros osittain. Pintahionnassa poistetaan sementtiliimakerros niin, että hieno runkoaines tulee näkyviin ja syvähionnassa niin, että karkea runkoaines tulee näkyviin. Hiontatavan valintaan vaikuttaa pinnan likaisuus, betonin tiiviys ja aikaisempi pintakäsittely. Hionta tehdään hiomakoneella ja voidaan suorittaa joko kuiva- tai märkähiontana. [22]

4.3 Sinkopuhdistus

Sinkopuhdistus on betonilattioihin käytetty esikäsitelymenetelmä. Puhdistusmateriaalina käytetään erikokoisia ja -muotoisia metallikuulia, joita isketään lattiaan kovalla voimalla. Kuulat ja pöly imetään pois tehokkaalla imurilla, minkä ansiosta menetelmä on pölytön. Erityisen hyvin sinkopuhdistus sopii vanhoille ohutkalvolattiapinnoitteille sekä tiloihin, joissa teollinen tuotanto on käynnissä. [22]

4.4 Happepeittaus

Suolahappepeittauksella saadaan helposti ja nopeasti poistettua betonin pinnassa oleva sementtiliimakerros. Peittaus tehdään liuoksella, jossa on yleensä 5–10 % suolahappoa ja loput vettä. Liuos levitetään betonipinnalle harjaa apuna käyttäen. Sementtiliima irtaantuu pinnasta kuohuten noin viidessä minuutissa, minkä jälkeen pinnalle kertynyt liete voidaan huuhdella runsaalla vedellä pois. [22]

5 Pintakäsittelyt

5.1 Tasoituslaastit

Laastit ovat materiaaleja, joiden raekoko on korkeintaan 4 mm. Tasoituslaastit koostuvat runkoaineesta, sideaineesta ja vedestä. Runkoaineena voidaan käyttää murskattua kalkkikiveä tai luonnonhiekkaa ja sideaineena vesiohenteista liimaa, muoveja, kipsiä tai sementtiä. Niitä käytetään sulkemaan betonipinnan huokokset ja kolot sekä tasoittamaan pinnan epätasaisuudet. Tasoituslaasteilla saadaan alusta tasattua pinnoitukseen soveltuvaksi tai muutettua rakenteen pintastruktuuria. Tasoitteet levitetään ruiskuttamalla, pumppaamalla, kaatamalla tai lastalla, kuten kuvassa 6. [20, s. 20–22]



Kuva 6. Seinään ruiskutettu laasti tasoitetaan lastalla. [23]

Oikaisutasoitetta käytetään alustan suurien epätasaisuuksien oikaisuun. Se on karkea tasoite, jonka runkoaineen raekoko vaihtelee 1–2 mm:n välillä. Pohjatasoite taas on puolikarkea tasoite, jolla tasoitetaan alustan epätasaisuudet ja muodostetaan alusta pintatasoitteelle tai muulle materiaalille. Pohjatasoitteen runkoaineen raekoko on 0,5–1 mm. Pintatasoite on hieno tasoite, joka tulee pohjatasoituksen päälle ohuena kerroksena ja sen runkoaineen raekoko on 0,1–0,5 mm.

Tasotetoihin kuuluu tasoitteen levittämisen ja tasauksen lisäksi pohjustustyöt, hionta, pölynpoisto ja jälkityöt. Tasointa voidaan tehdä osittaintasointuksena tai kokonaantasointuksena eli ylitasointuksena. Osittaintasointuksessa täytetään mahdolliset painumat ja syvennykset oikaisu- tai pohjatasoitteella ja käsitellään vain korkeintaan 30 % tasoitettavasta alueesta. Ylitasointuksessa tasoitetaan koko tasoitettava pinta kerralla.

Tasoitteen tulee sopia niin tasoitettavalle alustalle kuin päälle tuleviin pintakerroksiinkin ja sen lujuus valitaan niiden mukaan. Tasoitetyypit jaotellaan yleensä pääsideaineensa mukaan. Niitä ovat kipsi-, hiekka-, sementti- ja kertamuovipohjaiset tasoitteet. Kipsitasoitteet sopivat pääasiassa kuivien tilojen kipsilevyistä tehtyihin seiniin, hiekkatasoitteet kuivien tilojen seinä- ja kattopintoihin, sementtitasoitteet kosteiden tilojen seinäpintoihin tai lattiatasoitteeksi ja kertamuovipohjaiset tasoitteet raskaasti kuormitettuihin tiloihin. [19, s. 116, 121; 20, s. 20–22]

5.2 Maalit ja pinnoitteet

Betonin pinnoittamiseen on käytettävissä monenlaisia pinnoitteita, joiden ominaisuudet, koostumus ja sitoutumistapa ovat erilaisia. Ne koostuvat sideaineesta, liuotteesta tai ohenteesta, pigmenteistä, täyte- sekä lisäaineista ja ovat yleensä nestemäisiä. Sideaineet voivat olla joko kemiallisesti kovettuvia tai fysikaalisesti kuivuvia. Kiviainesalustaan käytettävät maalit ja pinnoitteet jaetaan sideaineensa mukaan orgaanisiin ja epäorgaanisiin tuotteisiin. [16, s. 36; 19, s. 125]

5.2.1 Orgaaniset pinnoitteet

Orgaanisissa kiviainesjulkisivupinnoitteissa ja -maaleissa sideaineena käytetään pitkiä hiiliketjuja sisältäviä polymeerejä. Yleensä ne sisältävät runsaasti täyteaineita ja vähän sideainetta, mikä antaa niille hyvän vesihöyrynläpäisykyvyn. Sideaineet ja pigmentit

ovat alkalinkestäviä ja niillä on oltava erityisen hyvä pigmenttien ja täyteaineiden sitomiskyky. Orgaaniset pinnoitteet ovat helposti levitettävissä ruiskulla, telalla tai siveltimellä. Niillä saadaan aikaan tasavärinen ja tiivis pinta. Orgaanisiin pinnoitteisiin kuuluvat vesiohenteiset dispersiomaalit, liuoteohenteiset maalit ja silikonihartsimaalit. [16, s. 36–37; 7, s. 90–91]

Dispersiomaaleilla on sideaineena yleensä veteen dispergoitunut polymeeri, kuten polyakrylaatti tai polyvinyylisetaatti. Ne kuivuvat fysikaalisesti eli niin, että ohenteena oleva vesi haihtuu pois. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat huokoisuus eli hyvä vesihöyrynläpäisykyky, elastisuus, hyvä säävaihtelun- ja UV-säteilyn sietokyky ja kiillon säilyvyys. Dispersiomaalit soveltuvat hyvin sekä vanhoille, että uusille betonipinnoille. [7, s. 90–91; 24]

Liuoteohenteisissa maaleissa sideaineena käytetään muun muassa alkydejä, vinyylejä, polyuretaaneja tai epokseja. Liuotteena käytetään jotakin orgaanista yhdistettä tai seosta, kuten lakkabensiiniä. Nämä maalit läpäisevät vesihöyryä ja hiilidioksidia heikosti, minkä vuoksi niitä käytetään nykyään pääasiassa lujien julkisivumateriaalien, kuten betonin maalaukseen. Liuoteohenteiset maalit tarttuvat yleensä alustaan paremmin kuin dispersiomaalit, koska niiden sideaineella on pienempi molekyylikoko, minkä ansiosta ne pääsevät tunkeutumaan paremmin esimerkiksi epäpuhtaisiin ja pölyisiin alustoihin. [7, s. 91–92]

Emulgoitua silikonihartsia sisältävät maalit muodostavat vettä hylkivän pinnan, joka kuitenkin läpäisee vesihöyryä ja hiilidioksidia lähes yhtä hyvin kuin epäorgaaniset maalit. Kun rakenteet pysyvät kuivina, julkisivupinnat kestävät pidempään hyvänä. Silikonihartsimaalit käyvät lähes kaikille kiviainesalustoille ja uusien alustojen lisäksi ne tarttuvat hyvin myös vanhoihin orgaanisiin maalipintoihin edellyttäen, että alle jäävä maali pysyy hyvin kiinni alustassaan. [7, s. 92]

5.2.2 Epäorgaaniset pinnoitteet

Epäorgaanisissa pinnoitteissa sideaineena käytetään mineraaleja, kuten sementtiä ja kalkkia. Ne läpäisevät hyvin vesihöyryä ja ovat ominaisuuksiltaan betonin kaltaisia. Ennen epäorgaanisen pinnoitteen levittämistä alusta pitää kostuttaa sumuttamalla, joissakin olosuhteissa jopa useamman kerran. Pinnoitteen levittäminen onnistuu

lastalla, harjalla tai ruiskulla. Näihin pinnoitteisiin kuuluvat muun muassa kalkki-, sementti-, kalkkisementti- ja silikaattimaalit. [7, s. 84]

Kalkkimaalien sideaine on sammutettu kalkki, joka voidaan polttaa ja sammuttaa monin eri keinoin. Sammutustapa vaikuttaa kalkin sisäisiin ominaisuuksiin, kuten reaktiivisuuteen ja plastisuuteen. Kalkkimaaleissa voidaan käyttää hautakalkkia, kalkkitahnaa tai rakennuskalkkia. Ne kovettuvat, kun kalkki reagoi ilman hiilidioksidin kanssa. Tyypillisiä ominaisuuksia ovat runsas veden ja vesihöyrynläpäisykyky, huokoisuus, likaantuvuus ja oheneminen esimerkiksi rikkipitoisen ilman johdosta. Kalkkimaalit soveltuvat parhaiten kalkki- ja kalkkisementtirappauspinnoille (Kuva 7), sekä aiemmin kalkkimaalilla maalatuille pinnoille. Niitä ei voida käyttää suoraan betoni- tai tiilipintaan. [7, s. 84–85]



Kuva 7. Kalkkimaalattu rappauspinta. [25]

Sementtimaaleissa sideaineena käytetään portlandsementtiä. Niillä on huonompi veden- ja vesihöyrynläpäisykyky, kuin kalkkimaaleilla. Ne tarvitsevat runsaasti kosteutta veden sitoutumiseen ja kutistuvat kovettuessaan, mikä aiheuttaa jännityksiä pinnoitteen ja alustan välille. Tästä voi aiheutua pinnoitteen halkeilua, irtoilua tai jopa heikon alustan murtumista. Sen vuoksi sementtimaaleihin lisätään usein polymeerejä, jotka antavat paremmat ominaisuudet ja työstettävyyden. Käyttökohteita ovat lähinnä betoni- ja lujat rappauspinnat. [7, s. 85–86]

Kalkkisementtimaalit sisältävät nimensä mukaisesti sekä kalkkia, että sementtiä. Ne tarvitsevat kostean alustan kovettuaan. Niitä käytetään yleensä kalkkisementtirappausten ja aiemmin kalkkisementtimaalilla maalattujen pintojen maalaamiseen. [7, s. 86–87]

Silikaattimaalit ovat kaksikomponenttimaaleja, joissa käytetään sideaineena kalivesilasia. Ne kovettuvat kemiallisesti, mutta kovettuminen alkaa vasta, kun 90 % maalin vedestä on haihtunut. Myös nämä maalit läpäisevät hyvin sekä sisältä, että ulkoa tulevaa kosteutta. Ne kestävät myös hyvin säärasituksia, valoa ja kulutusta. Silikaattimaalit levitetään aina kuivalle pinnalle. Ne soveltuvat kalkkisementti- ja sementtirappausten sekä betonin maalaukseen. [7, s. 87–88]

6 Koekappaleiden valmistus

Tätä insinööriyötä varten valmistettiin 40 betonikoekappaletta, jotka olivat kooltaan 10 x 15 cm ja noin 1,5 cm:n paksuisia. Betonin valmistuksessa käytettiin kuivabetonia, jonka lujuusluokka on S30. Lisäaineina käytettiin Xypex Admix C-1000 NF:ää, Xypex Concentratea, Penetron Admixia ja Penetron Standardia. Jokaista lisäainetta käytettiin kahdeksassa koekappaleessa, joiden lisäksi tehtiin kahdeksan koekappaletta ilman mitään lisäainetta eli referenssikappaleita. Kaikki tehdyt lisäaineiden, esikäsittelyjen ja pintakäsittelyjen yhdistelmät näkyvät Taulukossa 1. Taulukoissa Xypex Admix C-1000 NF on lyhennetty pelkäksi Xypex Admixiksi.

Taulukko 1. Koekappaleet lisäaineineen ja käsittelyineen. Lisäaineista kerrotaan tarkemmin kappaleessa 6.1, esikäsittelyistä kappaleessa 6.2 ja pintakäsittelyistä kappaleissa 6.3 ja 6.4.

Näyte nro	Lisäaine	Esikäsittelymenetelmä	Pintakäsittelytuote
1	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti
2	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite
3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali
4	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali
5	Penetron Admix	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti
6	Penetron Admix	Happopeittaus	TT Tiilitasoite
7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali
8	Penetron Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali
9	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti
10	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite
11	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali
12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali
13	Penetron Standard	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti
14	Penetron Standard	Happopeittaus	TT Tiilitasoite
15	Penetron Standard	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali
16	Penetron Standard	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali
17	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti
18	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite
19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali
20	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali
21	Xypex Admix	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti
22	Xypex Admix	Happopeittaus	TT Tiilitasoite
23	Xypex Admix	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali
24	Xypex Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali
25	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti
26	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite
27	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali
28	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali
29	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti
30	Xypex Concentrate	Happopeittaus	TT Tiilitasoite
31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali
32	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali
33	Referenssikappale	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti
34	Referenssikappale	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite
35	Referenssikappale	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali
36	Referenssikappale	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali
37	Referenssikappale	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti
38	Referenssikappale	Happopeittaus	TT Tiilitasoite
39	Referenssikappale	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali
40	Referenssikappale	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali

6.1 Lisäaineistus

Xypex Admix C-1000 NF ja Penetron Admix lisättiin betonin sekaan kuivasekoitusvaiheessa. Xypex Admix C-1000 NF:ää laitettiin 1,5 % betonissa olevan sementin painosta, joka on Xypexin koemenetelmissä yleisesti käytetty määrä ja Penetron Admixia laitettiin 1 % betonin sementin painosta. Testauksessa haluttiin, että molempia lisäaineita tulisi suhteessa saman verran, joten niitä laitettiin suurimman annosmääräsuosituksen mukaan.

Xypex Concentrate ja Penetron Standard levitettiin betonin pinnalle vasta noin kuukausi betonin valmistuksen jälkeen, eli kun betoni oli kuivunut. Betonipinnasta poistettiin sementtiliimakerros hiekkapuhaltamalla ja betonipinta kostutettiin huolellisesti ennen aineiden levitystä. Kumpaakin ainetta sekoitettiin viisi osaa kahteen osaan puhdasta vettä. Aineet levitettiin pensselillä betonipintaan ja jätettiin kuivumaan kuukauden ajaksi. Kuivumisajan jälkeen pinnassa olevat lisäaineet hiottiin kuppilaikalla kokonaan pois.

6.2 Esikäsittely

Esikäsittelymenetelmiksi valittiin hiekkapuhallus ja suolahappopeittaus, koska nämä ovat tyypillisiä betonin esikäsittelymenetelmiä ja suoritettavissa koulun laboratoriotiloissa. Puolet Xypex Admix C-1000 NF-, Xypex Concentrate-, Penetron Admix- ja Penetron Standard -koekappaleista sekä referenssikappaleista esikäsiteltiin pelkästään hiekkapuhaltamalla alumiinioksidirakeella. Hiekkapuhallus suoritettiin imutyypisessä hiekkapuhalluskaapissa ja puhalluspaine oli 7 bar:ia. Loput kappaleet peitattiin suolahappoliuoksella, harjattiin teräsharjalla ja hiekkapuhallettiin alumiinioksidirakeella. Peitattavista kappaleista ne, jotka sisälsivät Xypexiä peitattiin 1:3 suolahappo-vesiliuoksella, joka on Xypexin suositus ja Penetronia sisältävät sekä referenssikappaleet peitattiin 1:10 suolahappo-vesiliuoksella, joka on Penetronin suositus ja yleinen betonin peittauksessa käytetty suolahapon ja veden suhde.

6.3 Tasoitus

Tasoitteina työssä käytettiin Keim Universalputz Erikoislaastia ja Vetonit TT Tiilitasoitetta. Keim Universalputz on kalkkisementtipohjainen yleislaasti, jota käytetään kuoppien ja halkeamien täyttöön, ylitasoittamiseen ja rappaamiseen. Tämä tasoite otettiin mukaan Insinööritoimisto Sulin Oy:n pyynnöstä. Vetonit TT Tiilitasoite soveltuu tiili- ja betonipinnoille ja sitä käytetään oikaisuihin ja tasoitukseen. Xypexillä käsitelty betoni voidaan tasoittaa ainoastaan sementtipohjaisilla tuotteilla, joten Tiilitasoite valittiin satunnaisesti sementtipohjaisten tasoitteiden joukosta. [26; 27]

Kullakin lisäaineella käsitellyistä kappaleista ja referenssikappaleista yksi hiekkapuhallettu ja yksi happopeitattu kappale tasoitettiin Keim Universalputzilla ja toiset samanlaiset Vetonit TT Tiilitasoitteella. Keim Universalputzilla tasoitettavat pinnat kostutettiin vedellä ennen tasoitusta ja tasoitettua pintaa kostutettiin myös muutaman kerran kuivumisen aikana. Tasoitepaksuus oli noin 4 mm. Vetonit TT Tiilitasoite levitettiin kuivalle pinnalle ja kerrospaksuus oli noin 3 mm. Levitykseen käytettiin metallisia tasoituslastoja.

6.4 Maalaus

Maaleiksi valittiin Sulin Silikaattimaali ja Tikkurilan Luja -erikoisakrylaattimaali. Sulin Silikaattimaali otettiin toiseksi maaliksi Insinööritoimisto Sulin Oy:n pyynnöstä. Se on yksikomponenttinen dispersiosilikaattimaali mineraalisille julkisivupinnoille. Luja-erikoisakrylaattimaali valittiin, koska toisen maalin haluttiin olevan kosteisiin sisätiloihin tarkoitettu maali. Se soveltuu monille erillaisille mineraali- ja levypinnoille ja on pesun- ja kulutuksen kestävä maali. [28; 29]

Maalaus tehtiin molemmilla maaleilla kullakin lisäaineella käsitellyistä kappaleista ja referenssikappaleista yhdelle hiekkapuhalletulle ja yhdelle happopeitatulle. Sulin Silikaattimaalin pohjamaalaus suoritettiin Sulin Silikaatti Pohjamaalilla, joka ohennettiin ohjeen mukaisesti Sulin Silikaatti Ohenteella. Pintamaalaus tehtiin noin vuorokautta myöhemmin Sulin Silikaatti Pintamaalilla. Luja-erikoisakrylaattimaali levitettiin ohentamattomana kahteen kertaan.

7 Testausmenetelmät

7.1 Vetonuppikoe

Koekappaleille tehtiin vetonuppikoe standardin ISO 4624:2002 mukaan. Vetonuppikokeella saadaan määritettyä maalien, lakkojen ja vastaavien tuotteiden tartunta alustaansa. Laitteistolla irrotetaan nupit ja tulokseksi saadaan vetojännitys, joka tarvitaan murtamaan koeasennelman heikoin rajapinta tai heikoin komponentti, eli mitä suurempi vetojännitys, sitä paremmin nuppi pysyi kiinni koekappaleessa. Mikäli murtuma tapahtuu rajapinnassa, on kyseessä tartunta- eli adheesiomurtuma, kun taas heikoimman komponentin eli materiaalin sisäistä murtumaa kutsutaan koheesiomurtumaksi. Myös näiden murtumatyyppien yhdistelmiä voi esiintyä. [30, s. 6, 8]

Vetonuppeina käytettiin aluksi kaikilla koekappaleilla halkaisijaltaan 12 mm:n nuppeja, mutta tasoitetuista kappaleista nämä nupit irtosivat sormilla kevyesti vääntäen, joten niille otettiin käyttöön isommat, halkaisijaltaan 50 mm:n vetonupit. Näitä nuppeja liimattiin kuhunkin kappaleeseen vain yksi, koska niihin ei mahtunut enempää sen jälkeen kun kolme pienempää vetonuppia oli niistä irrotettu. Maalattuihin kappaleisiin liimattiin kolme 12 mm:n nuppia. Vetonupit liimattiin erittäin kovalla ja voimakkaalla epoksiliimalla (sekoitussuhde 1:1) pinnoitetun kappaleen pintaan. Noin vuorokauden kuluttua, kun liima oli kovettunut, nupit vedettiin irti sopivalla vetolujuuden mittausrakenteella, joka suuremmilla vetonupeilla oli mekaaninen ja pienemmillä pneumaattinen adheesiotesteri. Mekaanista adheesiotesteriä käytetään ihmisvoimalla eli laitteen yläpäässä olevaa mutteria pyöritetään käsin, jolloin vetojännitys kasvaa, kunnes vetonuppi irtaantuu (Kuva 8). Tällä adheesiotesterillä saadaan mittaustulos periaatteessa 0,5 MPa:n tarkkuudella, mutta tulokset ovat jokseenkin luettavissa myös 0,1 MPa:n tarkkuudella. Pneumaattisella adheesiotesterillä sen sijaan nupit vedetään irti paineilmamännän avulla ja mittaustarkkuus on 0,16 MPa. Molemmat tarkkuudet ovat laitteista saatavia lukematarkkuuksia.



Kuva 8. 50 mm:n vetonupin irrotus tasoitetusta kappaleesta mekaanisella adheesiotesterilla.

7.2 Hilaristikkokoe

Maalatuille kappaleille oli tarkoitus tehdä hilaristikkokoe standardin SFS-EN ISO 2409 mukaan, jossa kappaleisiin tehdään viiltoja moniteräleikkurilla niin, että maalipintaan tulee ristikko. Ristikkoon liimataan teippi ja repäistään se irti, jolloin maalia saattaa irrota pinnasta. Irronneen maalin määrän perusteella maalit saavat luokituksen 0–5, jossa 0 on paras ja 5 huonoin. Tässä työssä hilaristikkokoe ei kuitenkaan onnistunut, koska betonikappaleiden pinnat olivat niin epätasaisia, että ristikon tekeminen maalipintaan osoittautui mahdottomaksi. [31]

7.3 Veden vaikutus pinnoitteen kiinnipysyvyyteen

Kaikki koekappaleet laitettiin pinnoitepuoli ylöspäin astiaan, jossa oli pohjalla noin 5 mm vettä ja suodatinkangas (Kuva 9), joka auttoi pitämään kappaleet kosteana

pidempään. Vettä lisättiin astian pohjalle aina, kun edellinen vesi oli lähes haihtunut, jotta kappaleet pysyivät tauotta kosteina.



Kuva 9. Happeitattu TT Tiilitasoitettu Penetron Standard -koekappale (näytenro 14) veden vaikutus -kokeessa. Koeastian pohjalla suodatinkangas ja vettä.

Koe oli käynnissä 28 päivän ajan ja pinnoitteiden käyttäytymistä tarkkailtiin silmämääräisesti 3–5 päivän välein. Tarkoituksena oli selvittää, miten kosteus rakenteessa tai rakenteen jollain pinnalla vaikuttaa pinnoitteeseen ja onko esikäsitellyillä tai lisäaineilla vaikutusta.

8 Tulokset

8.1 Vetonuppikoe

Vetonuppikokeessa tulokseksi saadaan vetojännitysarvo (MPa), jonka lisäksi tarkastellaan murtumakohtaa. Niistä käytetään seuraavia lyhenteitä:

A = alustan koheesiomurtuma

A/B = adheesiomurtuma alustan ja ensimmäisen pinnoitekerroksen välillä

B = koheesiomurtuma ensimmäisessä pinnoitekerroksessa

B/C = adheesiomurtuma ensimmäisen ja toisen pinnoitekerroksen välillä [28, s. 18]

8.1.1 Tasoitetut kappaleet

Vetonupit irtosivat kaikista tasoitetuista kappaleista kevyesti. Tasoitettujen kappaleiden vetonuppikokeen tulokset ovat Taulukossa 2.

Taulukko 2. Tasoitettujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa.

Näyte nro	Lisäaine	Esikäsittelymenetelmä	Pintakäsittelytuote	Vetojännitys (MPa)	Murtumatyyppe
1	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,4	95 % B 5 % A/B
2	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite	0,5	B
5	Penetron Admix	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,5	B
6	Penetron Admix	Happopeittaus	TT Tiilitasoite	0,4	B
9	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,5	B
10	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite	0,5	B
13	Penetron Standard	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,6	95 % B 5 % A/B
14	Penetron Standard	Happopeittaus	TT Tiilitasoite	0,4	B
17	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,4	90 % B 10 % A/B
18	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite	0,5	B
21	Xypex Admix	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,4	B
22	Xypex Admix	Happopeittaus	TT Tiilitasoite	0,3	B
25	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,6	B
26	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite	0,5	B
29	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,6	B
30	Xypex Concentrate	Happopeittaus	TT Tiilitasoite	0,5	B
33	Referenssi-kappale	Hiekkapuhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,5	B
34	Referenssi-kappale	Hiekkapuhallus	TT Tiilitasoite	0,5	B
37	Referenssi-kappale	Happopeittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	0,6	95 % B 5 % A/B
38	Referenssi-kappale	Happopeittaus	TT Tiilitasoite	0,4	B

Vetojännityksiä tarkasteltaessa huomataan, että tulokset vaihtelevat 0,3–0,6 MPa välillä. Erot eri kappaleiden jännityksissä ovat liian pieniä kertomaan tasoitteen kiinnipysyvyydestä luotettavasti, koska on suuri mahdollisuus, että näin pienet erot johtuvat koevirheestä. Lisäksi murtuma tapahtui pääasiassa keskeltä tasoitekerrosta, joten tulokset viittaavat tasoitteen sisäiseen vetojännitykseen.

8.1.2 Maalatut kappaleet

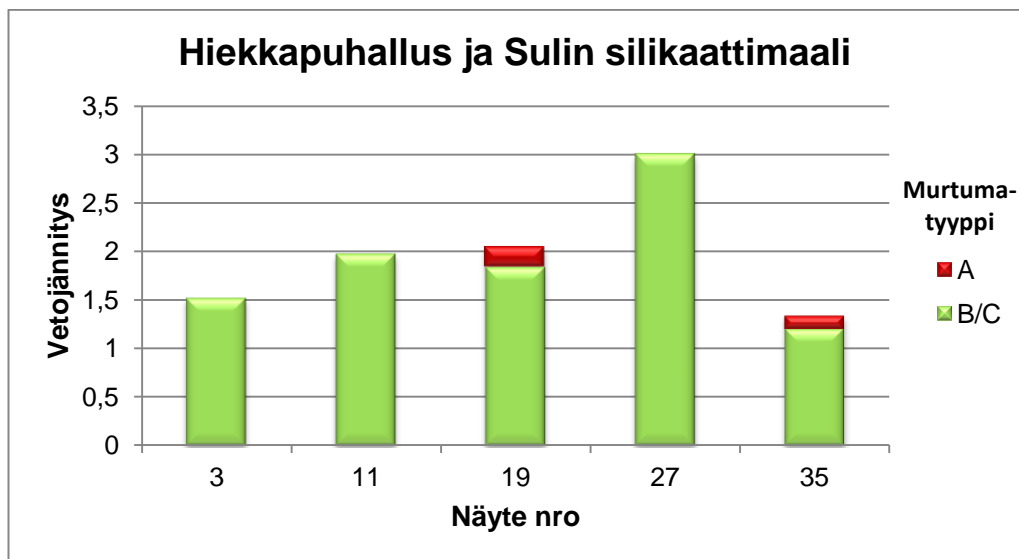
Kaikkien maalattujen kappaleiden tulokset löytyvät Liitteestä 1. Tulokset ovat kuitenkin tarkastelun helpottamiseksi jaettu kunkin esikäsittely- ja maalausmenetelmän yhdistelmistä muodostuviin Talukoihin 3–10. Taulukoiden vetojännitysarvot ovat kustakin kappaleesta irrotettujen kolmen nupin vetojännitysten keskiarvoja.

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia esikäsittelymenetelmän vaikutusta lisäaineistetun betonin pinnoituksen kiinnipysyvyyteen. Jotta mitatut vetojännitysarvot olisivat keskenään vertailukelpoisia, tarvitsisi murtumatyyppin olla kaikilla vertailtavilla kappaleilla sama. Tämän vuoksi keskitytään vertailemaan murtumatyyppiä ja sitä kautta saadaan tieto pinnoitteiden kiinnipysyvyyksistä. Murtuma pinnoitekerroksessa tai niiden välissä tarkoittaa, että pinnoite itsessään on heikko. Mikäli murtumakohta on pinnoitteen ja alustan välissä, on pinnoite kestänyt vetojännityksen, mutta ei ole ollut tiukasti kiinni alustassa. Jos taas murtuma tapahtuu alustassa, on pinnoite vahvaa ja kiinnipysyvyys alustassa hyvä. Taulukoissa 3–6 on esitetty Sulin silikaattimaalin ja Taulukoissa 7–10 Luja erikoisakrylaattimaalin tulokset vetonuppikokeessa.

Taulukko 3. Hiekkapuhallettujen Sulin silikaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa.

Hiekkapuhallus ja Sulin silikaattimaali					
Näyte nro	3	11	19	27	35
Lisäaine	Penetron Admix	Penetron Standard	Xypex Admix	Xypex Concentrate	Referenssi-kappale
Vetojännitys (MPa)	1,52	1,97	2,04	3,00	1,34
Murtumatyyppi	B/C	B/C	90 % B/C 10 % A	B/C	90 % B/C 10 % A

Taulukko 4. Hiekkapuhalletujen Sulin silikaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa graafisesti esitettyinä.



Taulukoita 3 ja 4 tarkasteltaessa huomataan, että kaikilla hiekkapuhalletuilla Sulin silikaattimaalilla maalatuilla kappaleilla murtuma tapahtui suurimmalta osin pohja- ja pintamaalikerrosten välissä (Kuva 10).



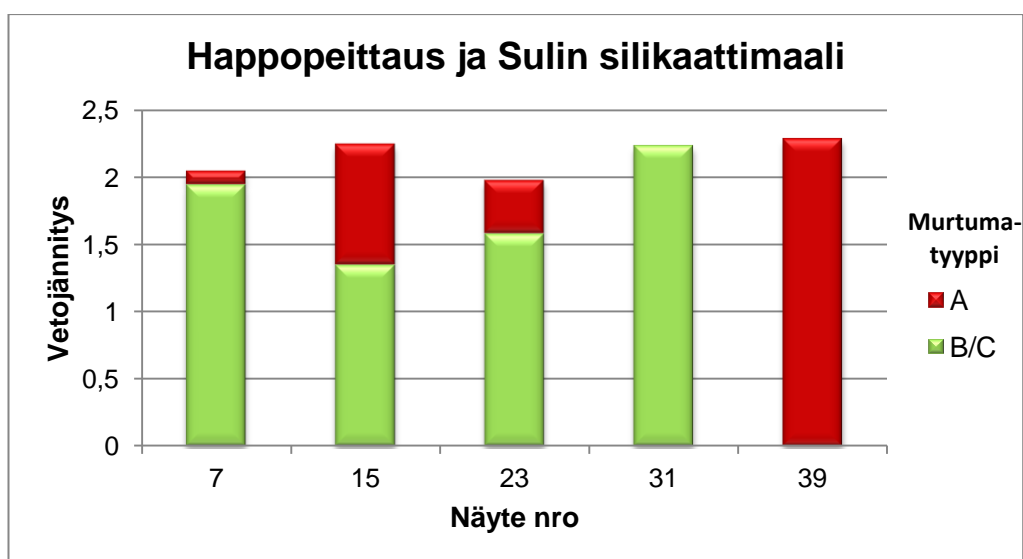
Kuva 10. Hiekkapuhallettu Sulin silikaattimaalilla maalattu Xypex Concentratella käsitelty (näyte nro 27) vetonuppikokeessa. Murtuma tapahtui maalikerrosten välissä.

Xypex Admix C-1000 NF- ja referenssikappaleella (näytteet 19 ja 35) seassa oli vähän myös alustan koheesiomurtumaa. Sulin silikaattimaali ei siis toiminut hiekkapuhalletun alustan päällä hyvin, koska murtumat tapahtuivat maalikerroksissa.

Taulukko 5. Happopeitattujen Sulin silikaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa.

Happopeittaus ja Sulin silikaattimaali					
Näyte nro	7	15	23	31	39
Lisäaine	Penetron Admix	Penetron Standard	Xypex Admix	Xypex Concentrate	Referenssi-kappale
Vetojännitys (MPa)	2,04	2,24	1,97	2,23	2,28
Murtumatyyppi	95 % B/C 5 % A	60 % B/C 40 % A	80 %B/C 20 % A	B/C	A

Taulukko 6. Happopeitattujen Sulin silikaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa graafisesti esitettyinä.



Taulukoista 5 ja 6 nähdään, että myös happopeitatuilla Sulin silikaattimaalilla maalatuilla kappaleilla murtumakohta oli enimmäkseen ensimmäisen ja toisen pinnoitekerroksen välissä, mutta osittain myös alustassa. Xypex Concentrate -kappaleella (näytenro 31) murtuma tapahtui pelkästään ensimmäisen ja toisen maalikerroksen välissä ja referenssikappaleella (näytenro 39) pelkästään alustassa. Referenssikappaleeseen (näytenro 39) pinnoite oli siis kiinnittynyt hyvin. Muuten tulokset olivat samankaltaisia hiekkapuhallettujen Sulin silikaattimaalattujen kappaleiden kanssa (Taulukot 3 ja 4).

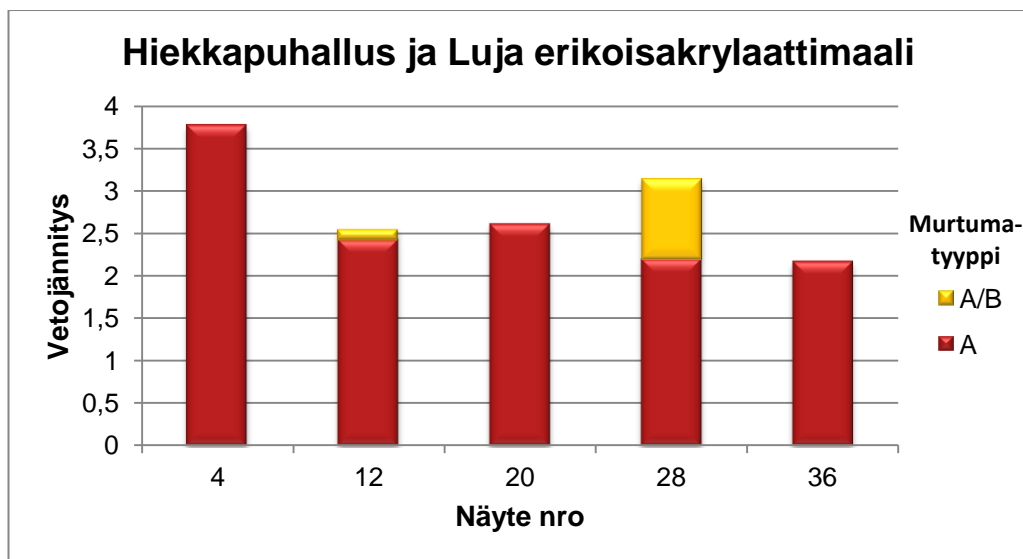
Taulukoista 3–6 voidaan päätellä, että Sulin silikaattimaali vaikutti vastustavan heikosti vetojännitystä. Näiden tulosten perusteella kuitenkin happopeitatuilla kappaleilla maalin kiinnipysyvyys oli hieman parempi, kuin hiekkapuhalletuilla, sillä happopeitatuilla kappaleilla oli seassa enemmän alustan murtumaa.

Taulukoissa 7–10 on Luja erikoisakrylaattimaalin tulokset vetonuppikokeessa.

Taulukko 7. Hiekkapuhallettujen Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa.

Hiekkapuhallus ja Luja erikoisakrylaattimaali					
Näyte nro	4	12	20	28	36
Lisäaine	Penetron Admix	Penetron Standard	Xypex Admix	Xypex Concentrate	Referenssi-kappale
Vetojännitys (MPa)	3,77	2,55	2,61	3,14	2,17
Murtumatyyppi	A	95 % A 5 % A/B	A	70 % A/B 30 % A	A

Taulukko 8. Hiekkapuhallettujen Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa graafisesti esitettynä.



Taulukoissa 7 ja 8 on vertailussa hiekkapuhalletut Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatut kappaleet. Näillä kappaleilla murtumatyyppi oli alustan koheesiomurtuma, lukuunottamatta Xypex Concentratella käsiteltyä kappaletta (näytenro 28), jolla murtumatyyppi oli alustan ja ensimmäisen pinnoitekerroksen välinen adheesiomurtuma (Kuva 11).



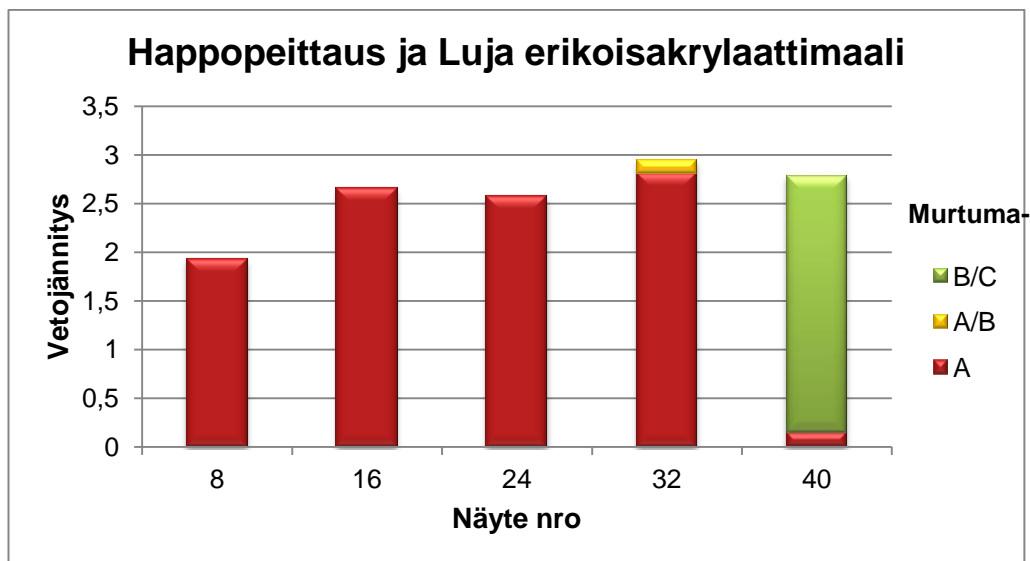
Kuva 11. Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatun hiekkapuhalletun Xypex Concentrate -koekappaleen (näyttenro 28) murtuma vetonuppikokeessa.

Luja erikoisakrylaattimaali pysyi Taulukoiden 7 ja 8 tulosten perusteella hyvin kiinni hiekkapuhalletuissa alustoissa.

Taulukko 9. Happopeitattujen Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa.

Happopeittaus ja Luja erikoisakrylaattimaali					
Näyte nro	8	16	24	32	40
Lisäaine	Penetron Admix	Penetron Standard	Xypex Admix	Xypex Concentrate	Referenssi-kappale
Vetojännitys (MPa)	1,93	2,66	2,57	2,95	2,78
Murtumatyyppi	A	A	A	95 % A 5 % A/B	95 % B/C 5 % A

Taulukko 10. Happopeitattujen Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa graafisesti esitettyinä.



Taulukoista 9 ja 10 nähdään, että Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatuilla happopeitatuilla kappaleilla murtumatyyppi oli pääasiassa alustan koheesiomurtuma, paitsi referenssikappaleella (näytenro 40), jolla se oli adheesiomurtuma ensimmäisen ja toisen pinnoitekerroksen välillä. Referenssikappaletta lukuunottamatta Luja erikoisakrylaattimaali pysyi siis hyvin kiinni myös happopeitatussa alustassa.

Taulukot 7–10 osoittavat Luja erikoisakrylaattimaalin pärjänneen Sulin silikaattimaalia paremmin vetonuppikokeessa. Maalin kiinnipysyvyys oli hyvä sekä hiekkapuhalletuilla että happopeitatuilla kappaleilla.

8.2 Veden vaikutus tasoitteiden kiinnipysyvyyteen

Ensimmäinen tarkastus koekappaleille tehtiin neljä päivää testin aloittamisen jälkeen. Tasoitetuissa kappaleissa ei ollut tällöin tapahtunut vielä mitään muutosta. Taulukossa 11 on tasoitettujen kappaleiden tulokset koko testin ajalta.

Taulukko 11. Tasoitettujen kappaleiden tulokset veden vaikutus -kokeessa.

Aika (d testin alusta)	Näyte nro	Lisäaine	Esi-käsittely-menetelmä	Pintakäsittely-tuote	Tapahtunut muutos
4					Ei muutoksia tasoitetuissa koekappaleissa.
7	10	Penetron Standard	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	Tasoite kosteahkoa reunoilta, johon ilmestynyt paksultti vaaleaa jauhetta.
	26	Xypex Concentrate	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	Tasoite kosteahkoa reunoilta, johon ilmestynyt vähän vaaleaa jauhetta.
	30	Xypex Concentrate	Happo-peittaus	TT Tiilitasoite	
	6	Penetron Admix	Happo-peittaus	TT Tiilitasoite	
	18	Xypex Admix	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	
12	10	Penetron Standard	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	Lisää vaaleaa jauhetta ilmestynyt.
	18	Xypex Admix	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	
	14	Penetron Standard	Happo-peittaus	TT Tiilitasoite	Reunan lähelle ilmestynyt paksultti vaaleaa jauhetta.
	34	Referenssi-kappale	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	Reunan lähelle ilmestynyt vähän vaaleaa jauhetta.
17	38	Referenssi-kappale	Happo-peittaus	TT Tiilitasoite	Reunan lähelle ilmestynyt vähän vaaleaa jauhetta.
	22	Xypex Admix	Happo-peittaus	TT Tiilitasoite	
	2	Penetron Admix	Hiekka-puhallus	TT Tiilitasoite	
21	5	Penetron Admix	Happo-peittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	Pieniä kasaumia vaaleaa jauhetta ilmestynyt.
	25	Xypex Concentrate	Hiekka-puhallus	Keim Universalputz erikoislaasti	
	29	Xypex Concentrate	Happo-peittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	
25					TT tiilitasoitetuissa kappaleissa lisää jauhetta.
28	2	Xypex Admix	Happo-peittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	Pieniä kasaumia vaaleaa jauhetta ilmestynyt.
	37	Referenssi-kappale	Happo-peittaus	Keim Universalputz erikoislaasti	Todella vähän pieniä jauhekohtia ilmestynyt.

Taulukosta 11 huomataan, että TT tiilitasoitteella tasoitettut kappaleet reagoivat veden kosketukseen betonialustansa kanssa nopeasti. Keim Universalputz -erikoislaastilla käsitellyistä kappaleista vain osa reagoi lievästi ja vasta testin loppupuolella. TT tiilitasoitetuista kappaleista Penetron Standardilla käsitelty hiekkapuhallettu kappale (näytenro 10) reagoi voimakkaimmin. Siihen kehittyi ensimmäisten joukossa paksu kerros vaaleaa jauhetta. Oletettavasti tämä jauhe oli betonin sisältä tulevia suoloja, jotka kosteus oli kuljettanut betonin pintaan. Muita nopeasti, mutta hieman heikommin reagoineita koekappaleita olivat Xypex Concentratella käsitellyt tuotteet (näytenro:t 26 ja 30), Penetron Admixia sisältävä happopeitattu koekappale (näytenro 6) sekä Xypex Admix C-1000 NF:ää sisältävä hiekkapuhallettu kappale (näytenro 18). Nämä olivat reagoineet jo seitsemässä päivässä, mutta loputkin TT tiilitasoitettut kappaleet olivat keränneet suoloja pintaan 12. tai 17. päivän kohdalla.

Keim Universalputzilla tasoitetuista kappaleista testin aikana ehti reagoida vain muutama ja nekin hyvin lievästi. Pintaan ilmestyi todella pieni määrä suoloja. TT Tiilitasoite reagoi siis voimakkaammin veden kosketukseen, kuin Keim Universalputz -erikoislaasti, mutta tasoitteiden väliset erot tuloksissa johtuvat tasoitteiden ominaisuuksista, eikä niiden vertailu ollut tämän insinöörityön aiheena. Tasoitettujen kappaleiden osalta ei voida sanoa, että esikäsittelymenetelmän valinta olisi vaikuttanut tuloksiin, koska kummallakin esikäsittelymenetelmällä käsiteltyjä kappaleita sekä reagoi että oli reagoimatta veden kanssa. Lisäksi kumpikaan tasoite ei osoittanut heikkenemisen merkkejä, ei mitään murtumia tai haurastumia eli veden kosketus betoniin ei heikentänyt niiden kiinnipysyvyyttä.

8.3 Veden vaikutus Sulin silikaattimaalin kiinnipysyvyyteen

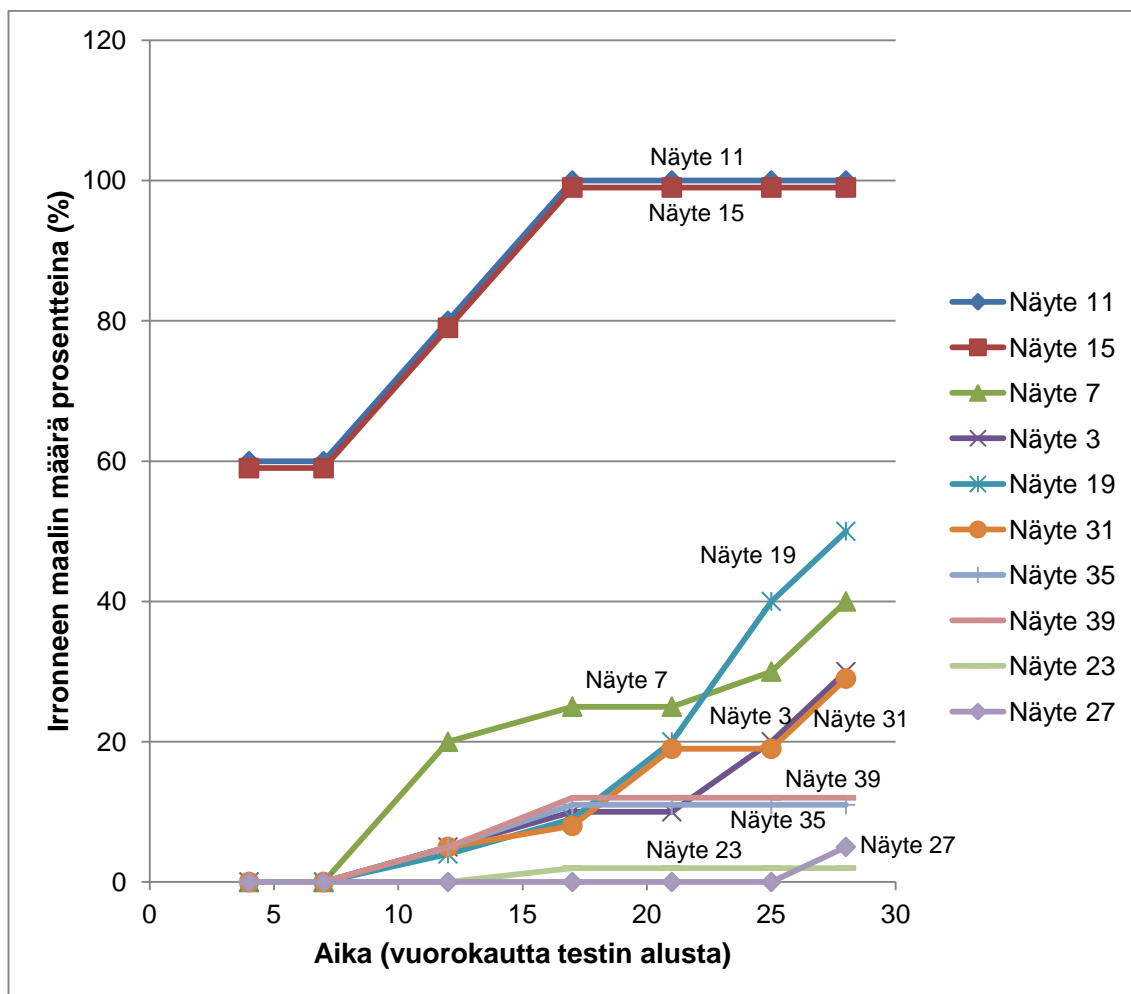
Maalattuja kappaleita tarkasteltiin samoina päivinä, kuin tasoitettuja. Tulosten tarkastelun helpottamiseksi Sulin silikaattimaalilla ja Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset ovat eri taulukoissa. Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty Sulin silikaattimaalilla maalatuissa kappaleissa tapahtuneet muutokset koko testin ajalta.

Taulukko 12. Sulin silikaattimaalilla maalatuissa kappaleissa tapahtuneet muutokset veden ollessa kosketuksissa betonialustan kanssa.

Aika (d testin alusta)	Näy- te nro	Lisäaine	Esikäsittely- menetelmä	Pintakäsit- telytuote	Tapahtunut muutos
4	11	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	Maalipinta lohkeillut irti n. 60 % pinta-alastaan, alla jauhetta.
	15	Penetron Standard	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
7					Ei huomattavia muutoksia.
12	11	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 80 %.
	15	Penetron Standard	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
	7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	Maalipinta lohkeillut irti n. 20 % pinta-alastaan, alla jauhetta. Maalipinta lohkeillut irti n. 5 % pinta-alastaan, alla jauhetta.
	3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	
	19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	
	31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
	35	Referenssi- kappale	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	
	39	Referenssi- kappale	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
17	11	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	Loputkin maalit irronneet pinnasta.
	15	Penetron Standard	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
	7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 25 %.
	3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 10 %
	19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	
	31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
	35	Referenssi- kappale	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	
	39	Referenssi- kappale	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	
	23	Xypex Admix	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	Maalipinta lohkeillut irti n. 2 % pinta-alastaan.
21	19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili- kaattimaali	Maalia irronnut edelleen lisää, n. 20 %.
	31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin sili- kaattimaali	

Aika (d testin alusta)	Näyte nro	Lisäaine	Esikäsittelymenetelmä	Pintakäsittelytuote	Tapahtunut muutos
25	7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 30 %.
	3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 20 %.
	19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 40 %.
28	7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 40 %.
	3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 30 %.
	31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin sili-kaattimaali	
	19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin sili-kaattimaali	Maalia irronnut lisää, n. 50 %.
	27	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	Viimeisenä Sulin silikaattimaalatuista kappaleista maalia irronnut n. 5 %.

Taulukko 13. Sulin Silikaattimaalin tulokset veden vaikutus -kokeessa graafisesti esitettynä.



Taulukoista 12 ja 13 nähdään, että Sulin silikaattimaalilla maalatuista koekappaleista vesi vaikutti voimakkaimmin ja nopeimmin Penetron Standardilla käsiteltyihin kappaleisiin (näyte nro:t 11 ja 15), niistä oli jo neljässä päivässä lohjennut isoja paloja maalipintaa, kuten Kuvasta 12 nähdään. Irronneen maalipinnan alla oli vaaleaa jauhetta. Näillä kappaleilla maalit lohkesivat lyhyellä aikavälillä kokonaan, sillä jo 17. päivän kohdalla koko maalipinta oli irronnut. Esikäsittelymenetelmällä ei tulosten perusteella ollut vaikutusta, koska hiekkapuhalletun ja happopeitatus kappaleen tulokset olivat keskenään samanlaiset.



Kuva 12. Penetron Standardilla käsitelty hiekkapuhallettu Sulin silikaattimaalattu kappale (näyte nro 11) veden vaikutus -testissä neljäntenä päivänä testin aloituksen jälkeen.

12. päivän kohdalla maalipinnat olivat alkaneet lohkeilla myös molemmilla Penetron Admixia sisältävillä kappaleilla (näytenro:t 3 ja 7), Xypex Admix C-1000 NF:ää sisältävällä hiekkapuhalletulla kappaleella (näytenro 19), Xypex Concentratella käsitellyllä happopeitatulla kappaleella (näytenro 31) sekä molemmilla referenssikappaleilla (näytenro:t 35 ja 39). Näillä kappaleilla lohkeilu oli kuitenkin todella vähäistä, paitsi Penetron Admixin happopeitatulla kappaleella (näytenro 7) maalia oli irronnut noin viidesosasta kappaleen pinta-alasta. Kaikilla näillä kappaleilla maalipinta oli lohkeillut lisää 17. päivään mennessä.

Xypex Admix C-1000 NF:ää sisältävällä happopeitatulla kappaleella (näytenro 23) ensimmäiset muutokset olivat tapahtuneet 17. päivän kohdalla, jolloin maalipinnassa oli todella vähän pieniä halkeamia. Tällä kappaleella testin aikana ei tapahtunut enempää halkeilua. Sen sijaan hiekkapuhalluksella esikäsitellyllä Xypex Admix C-1000 NF -koekappaleella (näytenro 19) maalin halkeilu jatkui melko tasaisena koko testin ajan. Viimeisellä tarkastelukerralla maalipinnasta oli jo noin 50 %:a irronnut.

Referenssikappaleilla (näytenro:t 35 ja 39) muutoksia ei tapahtunut enää 17. päivän jälkeen, mutta muilla kappaleilla maalipinnan lohkeilu jatkui jossain määrin testin loppuun asti. Poikkeuksena oli Xypex Concentratella käsitelty hiekkapuhallettu kappale (näytenro 27), jossa ensimmäiset muutokset havaittiin vasta 28. päivänä. Pinnasta oli tällöin lohkeillut hyvin pieniltä osin maalia.

Yhteenvedona tuloksista (Taulukot 12 ja 13) voidaan todeta, että testissä selkeästi huonoiten pärjäsivät molemmat Penetron Standard -koekappaleet (näytenro:t 11 ja 15). Näillä kappaleilla ilmeisesti lisääaineistus ei ollut muodostanut riittävää vedeneristystä, sillä vesi oli päässyt kulkemaan kappaleiden pintaan irrottaen maalin. Vähiten maalin halkeilua ja lohkeamista tapahtui Xypex Admix C-1000 NF:ää sisältävällä happopeitatusalla kappaleella (näytenro 23), Xypex Concentratella käsitellyllä hiekkapuhalletulla kappaleella (näytenro 27) sekä molemmilla referenssikappaleilla (näytenro:t 35 ja 39). Esikäsittelyn valinnalla ei ollut selkeää vaikutusta tuloksiin.

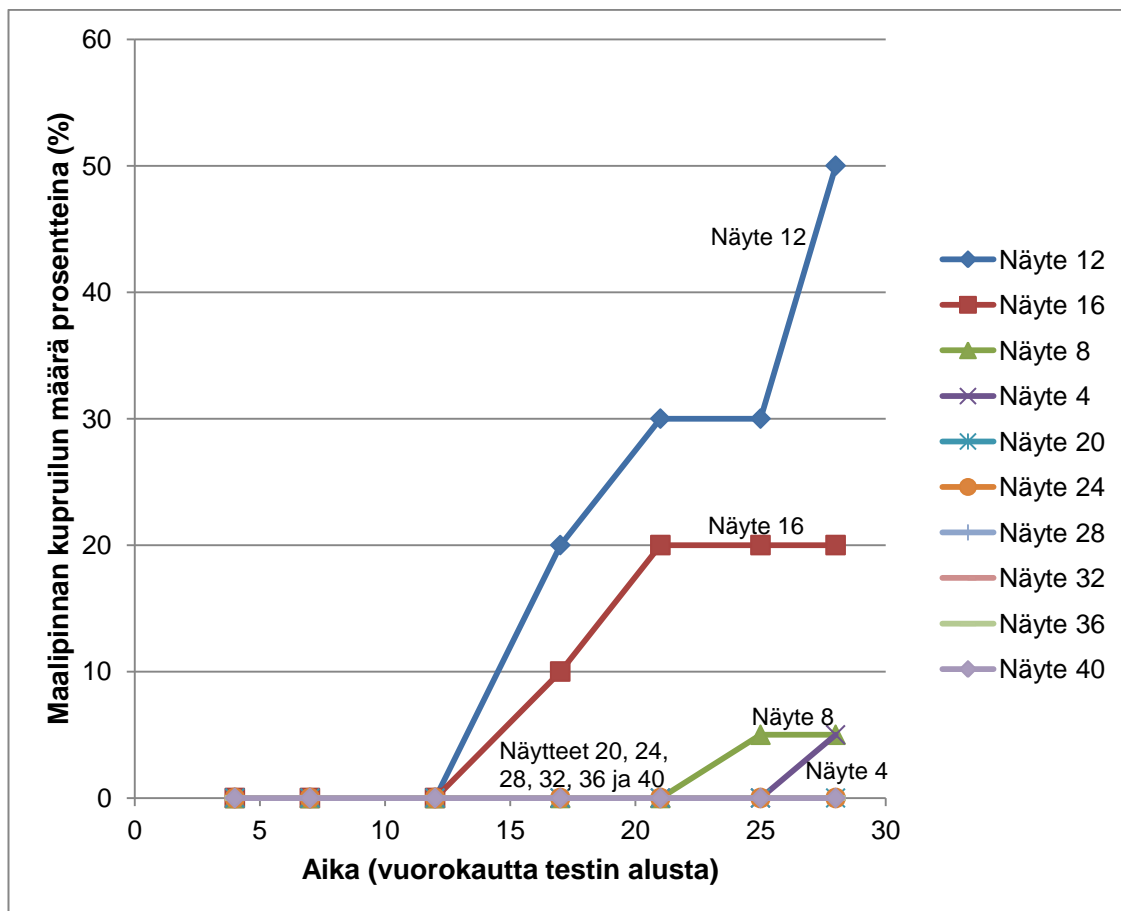
8.4 Veden vaikutus Luja erikoisakrylaattimaalin kiinnipysyvyyteen

Luja erikoisakrylaattimaali vaikutti kestävän veden vaikutusta paremmin, kuin Sulin silikaattimaali. Ensimmäiset muutokset joissakin maalipinnoissa olivat nähtävissä vasta 17. päivänä; tätä ennen pinnoissa oli vain hieman kosteutta. Kaikki Luja erikoisakrylaattimaalilla maalattujen kappaleiden tulokset ovat nähtävissä Taulukoissa 14 ja 15.

Taulukko 14. Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatuissa kappaleissa tapahtuneet muutokset veden ollessa kosketuksissa betonialustan kanssa.

Aika (d testin alusta)	Näyte nro	Lisäaine	Esikäsittelymenetelmä	Pintakäsittelytuote	Tapahtunut muutos
4					Ei muutoksia
7					Ei muutoksia
12	4	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	Pinnassa kosteutta, kellertävää nestettä.
	12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	
	20	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	
	8	Penetron Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	Pinnassa hyvin vähän kosteutta.
	16	Penetron Standard	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	
17	12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee n. 20 % pinta-alastaan.
	16	Penetron Standard	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee n. 10 % pinta-alastaan.
21	12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee lisää, n. 30 % pinta-alastaan.
	16	Penetron Standard	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee lisää, n. 20 % pinta-alastaan.
25	8	Penetron Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee n. 5 % pinta-alastaan.
28	12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	Edelleen lisää kupruilua, n. 50 % pinta-alastaan.
	4	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	Maalipinta kupruilee n. 5 % pinta-alastaan.

Taulukko 15. Luja erikoisakrylaattimaalin tulokset veden vaikutus -kokeessa graafisesti esitettynä.



Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatuista kappaleista ensimmäisinä veden vaikutus -kokeessa reagoivat Penetron Standardilla käsitellyt kappaleet (näytenro:t 12 ja 16). Niiden pinnassa huomattiin kupruilua ensimmäisen kerran 17. päivän tarkastelussa. Hiekkapuhalletun kappaleen (näytenro 12) pinnassa oli melko paljon epätasaisuutta ja happopeitatussa (näytenro 16) hieman vähemmän. Molempien kappaleiden maalipinta jatkoi huononemista koko testin ajan. Muista koekappaleista testissä reagoi vain Penetron Admixia sisältävät kappaleet (näytenro:t 4 ja 8), niiden molempien pintaan ilmestyi pientä epätasaisuutta testin loppupuolella. Muut koekappaleet eivät kokeneet minkäänlaista maalipinnan muutosta testin aikana.

Penetron Standard -kappaleista voimakkaammin veden kanssa reagoi hiekkapuhallettu kappale, mutta yksittäistä poikkeusta tuloksissa tarkasteltaessa koeverheen riski on suuri. Penetron Admix -kappaleilla molemmilla esikäsittelymenetelmillä tulokset olivat samanlaiset.

Luja erikoisakrylaattimaalin tulokset vahvistavat käsitystä siitä, että Penetron ei ole onnistunut vesitiivistämään betonia. Tätä teoriaa kuitenkin vastustaa se, että molempien maalien kohdalla ilman lisäaineita valmistetut referenssikappaleet pärjäsivät monia lisäaineistettuja kappaleita paremmin, vaikka lisäaineet olivat vedentiivistysaineita, joiden pitäisi estää veden pääseminen rakenteeseen eli tässä tapauksessa pintaan.

8.5 Koevirhe

Koevirhettä kaikilla koekappaleilla voi aiheuttaa betonin valmistuksessa tapahtuneet virheet, kuten huono sekoitus tai liian vähäinen kosteuspitoisuus kuivuessa. Betoniin on voinut jäädä hauraampia kohtia, jotka esimerkiksi vetonuppeja irrotettaessa murtuvat herkästi aiheuttaen virhearvion, että pinnoite olisi hyvin kiinni alustassa. Lisäaineistuksessa virheitä saattavat aiheuttaa muun muassa huono sekoitus tai vääränlaiset olosuhteet, kuten liian vähäinen kosteus. Pintastruktuuri oli sileämpi Xypex Concentratella ja Penetron Standardilla käsitellyillä kappaleilla kuin muilla koekappaleilla, koska nämä kappaleet täytyi hioa kuppilaikalla lisäaineistuksen jälkeen. Hiontaa ei tehty muille kappaleille, koska se oli koulun laboratoriossa hyvin hankalaa ja pölyävää, eivätkä muut lisäaineet sitä edellyttäneet. Tämä voi vaikuttaa esimerkiksi vetonuppikokeessa niin, että nupit tarttuvat paremmin tasaiselle alustalle kuin epätasaiselle. Esikäsittelyssä on voinut tulla eroavaisuuksia kappaleiden välille johtuen esimerkiksi vaihtelevasta teräsharjausjäljestä happopeittauksen jälkeen tai epätasaisesta hiekkapuhallusjäljestä. Maalauksessa tai tasoituksessa tapahtunut virhe, kuten huono sekoitus tai pinnan alle jääneet epäpuhtaudet, voivat myös vaikuttaa tuloksiin väärentävästi.

Vetonuppikokeessa mekaanisella adheesiotesterillä vetonuppeja irrotettaessa koevirhettä aiheuttaa se, että laitetta käytetään ihmisvoimalla, koska ihminen ei pysty tasaisella nopeudella käyttämään laitetta. Veden vaikutus -testissä saattaa koevirhettä aiheuttaa se, että suodatinkankaan olisi pitänyt olla vain vesiastian pohjalla, mutta se nousi myös reunoille, jolloin pinnoitteen reunat saattoivat osittain olla myös kosketuksissa kosteaan kankaaseen, vaikka vain betonin pohjan oli tarkoitus olla kosketuksissa veteen. Tästä syystä tasoitepinnatkin olivat välillä reunasta hieman kosteita, mikä saattoi edesauttaa suolojen kertymistä pintaan.

9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä haluttiin löytää sopiva esikäsittelymenetelmä vesitiivistetylle betonille, joka halutaan pinnoittaa tasoittamalla tai maalaamalla. Jonimatti Åhmanin insinööriyön perusteella oli ennestään tiedossa, että betonin vedentiivistys heikentää pinnoitteiden kiinnipysyvyyttä, joten haettiin esikäsittelymenetelmää, jonka avulla pinnoite saataisiin pysymään hyvin kiinni betonipinnassa.

Koekappaleiden valmistus onnistui hyvin, mutta testauksessa ilmeni haasteita. Hilaristikkokoetta ei pystytty ollenkaan toteuttamaan, koska pinnat olivat liian epätasaisia. Vetonuppikoe jouduttiin tekemään tasoitetuille kappaleille kahteen kertaan ennen kuin saatiin järkeviä tuloksia, koska ensimmäisellä kerralla käytettiin pinta-alaltaan liian pieniä nuppeja. Kaikilla tasoitetuilla kappaleilla vetonuppikokeessa murtuma tapahtui keskellä tasoitekerrosta eli saatu vetojännitysarvo viittasi tasoitteen sisäiseen jännitykseen, eikä näin ollen tuonut lisäarvoa työn aiheeseen liittyen. Voidaan kuitenkin sanoa, että molemmat tasoitteet pysyivät kiinni alustassaan. Veden vaikutus -kokeessa tasoitteissa ei tapahtunut muutoksia, ainoastaan betonin suojoja ilmestyi pintaan. Minkäänlaista tasoitepinnan heikkenemistä ei tapahtunut, joten saadut tulokset osoittavat, että molemmat esikäsittelymenetelmät toimivat vesitiivistetyn betonin ja tasoitteen välissä.

Maalattujen kappaleiden vetonuppikokeessa Sulin silikaattimaalin murtumakohta oli pääasiassa ensimmäisen ja toisen maalikerroksen välissä, joten tulokset eivät kerro maalin kiinnipysyvyydestä betonialustassa, vaan toisen maalikerroksen kiinnipysyvyydestä ensimmäisessä maalikerroksessa. Luja erikoisakrylaattimaalilla maalatuilla kappaleilla murtuma tapahtui enimmäkseen alustassa, eli maali oli tiukasti kiinni alustassa. Veden vaikutus -kokeessa Sulin silikaattimaali lohkeili osasta kappaleista irti jo heti ensimmäisinä päivinä. Luja erikoisakrylaattimaali reagoi heikommin ja eri tavalla, kuin Sulin silikaattimaali. Tämän maalin pintaan muodostui kupruilua. Kummassakaan testissä esikäsittelymenetelmien välillä ei havaittu selkeitä eroja. Lisäksi pinnoitteet pysyivät yhtä hyvin kiinni lisääaineistetuissa ja lisääaineistamattomissa kappaleissa, joten voidaan todeta, että sekä hiekkapuhallus että suolahappopeittaus toimivat vesitiivistetyn betonin esikäsittelynä.

Tutkimusta olisi voitu jatkaa vielä lisätesteillä, mutta pinnoitteen kiinnipysyvyyttä mittaavia testimenetelmiä on melko vähän ja näiden testien tulosten perusteella vaikutti,

ettei käytetyillä koekappaleilla voida saavuttaa tarkempia tuloksia. Mikäli jatkotutkimuksia tehdään, varmasti luotettavavammat tulokset saadaan käytännön kohteissa testaamalla. Pitäisi valita joku näille lisäaineille tyypillinen käyttökohde, kuten esimerkiksi tunneli, ja tehdä siellä lisäaineistus, esikäsittely ja pinnoitus. Tuloksia tarkkailtaisiin pitkällä aikavälillä ja näin ollen saataisiin selville, auttaako esikäsittely pinnoitteen kiinnipysyvyyteen niiden todellisissa käyttöolosuhteissa.

Lähteet

- 1 Betonin ominaisuudet ja käyttö. Verkkodokumentti.
 <<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-ominaisuudet-ja-kaytto>>. Luettu 24.1.2013.

- 2 Antti Värri. Rakennusbetonin elinkaarianalyysi. Verkkodokumentti.
 <<http://www.students.tut.fi/~varria/BETONI2.htm>>. Luettu 25.1.2013.

- 3 Betoni. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Betoni>>. Päivitetty 5.9.2012. Luettu 24.1.2013.

- 4 Suomen betoniyhdistys r.y. 2005. Betonitekniikan oppikirja 2004. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

- 5 Concrete materials. Verkkodokumentti.
 <http://www.concretenetwork.com/concrete-mix-design/concrete_materials.htm>. Luettu 19.2.2013.

- 6 Betonin lujuus. Verkkodokumentti. <<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaalle/betonin-lujuus>>. Luettu 25.1.2013

- 7 Raimo Soininen. 2001. Julkisivumaalaus ja pinnoitus, Osa 1. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan julkaisuja No 17.

- 8 Randy Nixon ja Dr. Richard Drisko. 2001. The fundamentals of cleaning and coating concrete. Pittsburgh: The Society for Protective Coatings (SSPC).

- 9 Tietoa betonista, julkisivut, pintavaihtoehdot. Verkkodokumentti.
 <<http://asv.fi/tietoa-betonista/julkisivut/pintavaihtoehdot>>. Luettu 20.4.2013.

- 10 Betonin lisäaineet. Verkkodokumentti. <<http://www.semtu.fi/fi/tuotteet/betonin-lisa-aineet/>>. Luettu 18.2.2013.

- 11 Xypex tuote-esite. Verkkodokumentti.
 <<http://www.sulinoy.fi/ep/tiedostot/Xypex.pdf>>. Luettu 19.3.2013.

- 12 Xypex Chemical Corporation. 2010. Xypex Concrete Waterproofing by Crystallization. Richmond: Xypex Chemical Corporation.

- 13 Xypex. Verkkodokumentti. <www.xypex.com>. Luettu 28.3.2013.

- 14 Penetron-vedeneristysjärjestelmä. Verkkodokumentti.
<<http://www.asb.fi/penetron.htm>>. Luettu 15.4.2013
- 15 Penetron. Verkkodokumentti. <www.penetron.com>. Luettu 15.4.2013
- 16 Tikkurila Oy. 1993. Mitä maalia mihinkin, Ulkomaalaus. Helsinki: Punamusta.
- 17 Betonialusta. Verkkodokumentti.
<<http://www.digipaper.fi/paints/4171/index.php?pgnumb=9>>. Luettu 20.4.2013.
- 18 Betonin valinta. Verkkodokumentti.
<http://www.rakentaja.fi/artikkelit/9026/betonin_valinta.htm>. Luettu 21.4.2013.
- 19 Raimo Soininen. 2003. Julkisivumaalaus ja pinnoitus, Osa 3 Saneeraustyöt. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan julkaisuja No 19.
- 20 Raimo Soininen. 1999. Sisätilojen pintakäsittelyt. Pintakäsittely- ja materiaalitekniikan koulutusohjelman julkaisuja No 15.
- 21 Kone- ja pintakäsittelyosasto: yleistä. Verkkodokumentti. <<http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/norblast-tuotteet/ohjeet/yleista>>. Luettu 15.10.2013.
- 22 Betonilattioiden esikäsittelymenetelmät. Verkkodokumentti.
<http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/palvelut/suunnittelijan_salkku/suunnitteluohjeet/sisamaalaus/betonilattiat/betonilattioidenesikasittely_-_menetelmat>. Luettu 15.10.2013.
- 23 Sisäseinien tasoitetyöt. Verkkodokumentti.
<http://www.rakentaja.fi/tv/e758sisaseinien_tasoitetyot.aspx>. Luettu 17.6.2013.
- 24 Vesiohenteiset dispersiomaalit eli lateksit. Verkkodokumentti.
<www.kausalanrapettijavari.fi/ohjeet/10lateksi.rtf>. Luettu 17.6.2013.
- 25 Kalkkimaalauksen perusteet. Verkkodokumentti.
<<http://www.julkisivu.com/kalkki.htm>>. Luettu 14.7.2013.
- 26 Keim Universalputz Erikoislaasti. Verkkodokumentti.
<http://www.sulinoy.fi/ep/tiedostot/Keim_Universalputz_Erikoislaasti.pdf>. Luettu 3.9.2013.
- 27 Tiilitasoite. Verkkodokumentti. <<http://www.e-weber.fi/sisaepinnat/weber-opas/tuotteet/oikaisu-ja-tasoiuslaastit/webervetonit-tt.html>>.
- 28 Sulin Silikaattimaali. Verkkodokumentti.
<http://www.sulinoy.fi/ep/tiedostot/Sulin_Silikaatti_Julkisivumaali.pdf>.

- 29 Luja, pintamaali, puolikiiltävä. Verkkodokumentti.
<http://www.tikkurila.fi/kotimaalarit/tuotteet/tuotetiedot_aakkosjarjestyksessa/luja_pintamaali_puolikiiltava.363.shtml>.
- 30 Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN ISO 4624.
- 31 Suomen Standardisoimisliitto SFS. SFS-EN ISO 2409.

Maalattujen kappaleiden tulokset vetonuppikokeessa

Näyte nro	Lisäaine	Esikäsittely- menetelmä	Pintakäsittelytuote	Vetojännitys ka (MPa)	Murtuma- tyyppi
3	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	1,52	B/C
4	Penetron Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	3,77	A
7	Penetron Admix	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali	2,04	95 % B/C 5 % A
8	Penetron Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	1,93	A
11	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	1,97	B/C
12	Penetron Standard	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,55	95 % A 5 % A/B
15	Penetron Standard	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali	2,24	70 % B/C 30 % A
16	Penetron Standard	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,66	A
19	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	2,04	B/C
20	Xypex Admix	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,61	A
23	Xypex Admix	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali	1,97	80 % B/C 20 % A
24	Xypex Admix	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,57	A
27	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	3,00	B/C
28	Xypex Concentrate	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	3,14	80 % A/B 20 % A
31	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali	2,23	B/C
32	Xypex Concentrate	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,95	95 % A 5 % A/B
35	Referenssi- kappale	Hiekkapuhallus	Sulin silikaattimaali	1,34	90 % B/C 10 % A
36	Referenssi- kappale	Hiekkapuhallus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,17	A
39	Referenssi- kappale	Happopeittaus	Sulin silikaattimaali	2,28	A
40	Referenssi- kappale	Happopeittaus	Luja erikoisakrylaattimaali	2,78	95 % B/C 5 % A